UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA

“DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE 9KW PARA MEJORAR EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA EBC, DEL DISTRITO DE TUSI, PASCO 2021.”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

BACHILLER: ELVIS ELOY SARAYASI MEJIA

BACHILLER: JHONATAN GILMER VARILLAS VERAMENDI

Callao, 2021

PERÚ

ACTA Nº 060 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

LIBRO Nº 001, FOLIO Nº 086, ACTA Nº 060 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

A los 07 días del mes diciembre, del año 2021, siendo las 17:40 horas, se reunieron, en la sala meet: https://meet.google.com/wdy-xddb-bej

el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero en Energía** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- Dr. Juan Manuel Palomino Correa : Presidente
- Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva : Secretario
- Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez : Miembro
- Dr. Abel Tapia Diaz : Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del **Bachiller SARAYASI MEJIA, ELVIS ELOY,** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero en Energia sustenta la tesis titulada **"DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE 9KW PARA MEJORAR EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA EBC, DEL DISTRITO DE TUSI, PASCO 2021",** cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid- 19, a través del D.S. Nº 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU Nº 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo Nº039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial Nº 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

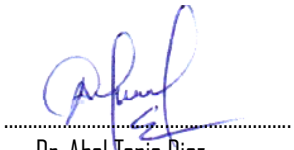
Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **14 (catorce)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario Nº 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 18:00 horas del día 07 del mes y año en curso.

Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente de Jurado

Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva
Secretario de Jurado

Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
Vocal de Jurado



Dr. Abel Tapia Diaz
Asesor

“DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE 9 KW, PARA MEJORAR EL SUMINISTRO ELECTRICO DE UNA EBC, DEL DISTRITO DE TUSI, PASCO 2021.”

DEDICATORIA

Elvis, dedica esta tesis especialmente a mi madre Gloria Mejía Mendiguri, a mi padre Eloy Sarayasi Condo, quienes me apoyan, aconsejan y orientan. Les agradezco desde el fondo de mi alma.

Jhonatan, dedica esta tesis especialmente a mis padres y hermanos por el gran apoyo constante en mi desarrollo profesional.

Agradecimiento a nuestro asesor el Dr. Abel Tapia Diaz.

INDICE

INDICE		1
INDICE DE TABLAS		4
INDICE DE IMÁGENES Y OTROS		5
RESUMEN		7
ABSTRACT		8
INTRODUCCIÓN		9
I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1	Descripción de la realidad problemática	10
1.2	Formulación del problema	12
1.2.1	Problema general	12
1.2.2	Problema específico	12
1.3	Objetivos de la investigación	13
1.3.1	Objetivo general	13
1.3.2	Objetivos específicos	13
1.4	Limitantes de la investigación	13
1.4.1	Limitación teórica	13
1.4.2	Limitación temporal	13
1.4.3	Limitación espacial	13
1.5	Justificación	14
1.5.1	Justificación teórica	14
1.5.2	Justificación tecnológica	15
1.5.3	Justificación social	15
1.5.4	Justificación ambiental	15
II.	MARCO TEÓRICO	15
2.1	Antecedentes de la investigación	15
2.1.1	Antecedentes internacionales	15
2.1.2	Antecedentes nacionales	20
2.2	Bases teóricas	24
2.2.1	Diseño de un Sistema Hibrido	24
2.3	Marco Conceptual	26
2.4	Definición de términos básicos	27
2.4.1	Energía Solar	27
2.4.2	Viento	27
2.4.3	Energía fotovoltaica	28

2.4.4 Célula fotovoltaica 29
2.4.5 Energía eólica 30
2.4.6 Regulador de carga 32
2.4.7 Baterías de almacenamiento 32
2.4.8 Sistemas Híbridos 33
2.4.9 Dimensionamiento de un sistema Hibrido 34
2.4.10 Suministro eléctrico 34
2.4.10.1 Continuidad del Suministro eléctrico 35
2.4.10.2 Disponibilidad del suministro eléctrico 35
2.4.10.3 Eficiencia del suministro eléctrico 36
III. HIPOTESIS Y VARIABLES 36
3.1 Hipótesis 36
3.1.1 Hipótesis general 36
3.1.2 Hipótesis especifica 36
3.2 Definición conceptual de variables 37
3.2.1 Variable Independiente: 37
3.2.2 Variable Dependiente : 37
3.3 Operacionalización de variables (Dimensiones, indicadores, índices, métodos y técnica) 38
IV. DISEÑO METODOLOGICO 39
4.1 Tipo y diseño de la investigación 39
4.1.1 Radiación Solar en Pasco 40
4.1.2 Velocidad del viento en Pasco 41
4.1.3 Máxima demanda eléctrica 42
4.1.4 Consumo de energía eléctrica 42
4.1.5 Potencia fotovoltaica 43
4.1.6 Potencia Eólica 46
4.2 Método de la investigación 48
4.3 Población y muestra 50
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado 50
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos 50
4.6 Análisis y procesamiento de datos 51
V. RESULTADOS 52
5.1 Resultados descriptivos. 52
5.1.1 Nivel de irradiación en Santa Ana de Tusi Pasco 53

5.2 Resultados inferenciales 55
5.2.1 Cuadro de cargas 55
5.2.2 Cálculo de potencia fotovoltaica necesaria: 57
5.2.3 Cálculo de cantidad de paneles 58
5.2.4 Selección del regulador de carga 58
5.2.5 Calculo de la capacidad de almacenamiento 60
5.2.6 Cálculo de potencia eólica: 62
5.2.7 Calculo y selección de la turbina de aire 64
5.2.8 Cálculo de indicadores 66
5.2.8.1 Disponibilidad 66
5.2.8.2 Continuidad 68
5.2.8.3 Eficiencia 70
5.2.9 Simulación de parámetros y capacidad de generación en Software HOMERO Pro 71
VI. DISCUSION DE RESULTADOS 75
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados 75
a) HIPOTESIS N°1 75
b) HIPOTESIS N°2 76
c) HIPOTESIS N°3 76
6.2 Contrastación de resultados con estudios similares 77
CONCLUSIONES 78
RECOMENDACIONES 79
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 80
ANEXOS 81

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Aspectos de calidad establecido en la ntce_rural……35
Tabla 3.1: Matriz de operacionalización de variables.....38
Tabla 4.1: Técnicas e instrumentos.....51
Tabla 4.2: Tabla de consumo energético de la EBC 51
Tabla 5.1: Cuadro de carga 55
Tabla 5.2: Consumo energético.....56
Tabla 5.3: Balance de energía necesaria……...56
Tabla 6.1: Resultado de la hipótesis n° 1 75
Tabla 6.2: Resultado de la hipótesis n°2 76
Tabla 6.3: Resultado de la hipótesis n°3 76
Tabla 6.4: Contrastación de los resultados de la investigación……..77

INDICE DE IMÁGENES Y OTROS

Ilustración 2.1: Arquitectura de un sistema hibrido de energía renovable ……25
Ilustración 2.2: Aprovechamiento de la energía solar…….....27
Ilustración 2.3: Generación del viento .....……28
Ilustración 2.4: Efecto fotovoltaico.....……29
Ilustración 2.5: Funcionamiento de PV.....……30
Ilustración 2.6: Tipos de aerogeneradores.....……31
Ilustración 2.7: Criterio para selección de aerogeneradores…….....31
Ilustración 2.8: Ubicación del regulador de carga.....……32
ilustración 2.9: Baterías de almacenamiento de litio marca huawei.....……33
Ilustración 2.10: Sistema hibrido para alimentación electrica aislada.....…33
Ilustración 2.11: Sistema electrico de potencia.....……34
Ilustración 4.1: Distrito de Santa Ana de Tusi .....……40
Ilustración 4.2: Mapa Eólico de santa Ana de Tusi.....41
Ilustración 4.3: Caja negra.....……48
Ilustración 4.4: Caja blanca .....……49
Ilustración 5.1: Datos y ubicación del lugar de investigación……..……52
Ilustración 5.1: Datos y ubicación del lugar de investigación……..……52
Ilustración 5.2: Análisis de irradiación del global atlas solar……53
Ilustración 5.3: Análisis de irradiación del global atlas solar……54
Ilustración 5.4: Análisis de velocidad del viento y potencia eólico……54
Ilustración 5.5: Valores promedio anuales……..……55
Ilustración 5.6: Ficha técnica de PV……57
Ilustración 5.7: Ficha técnica del inversor…….....59
Ilustración 5.8: Ficha técnica de batería de litio……..…….....60
Ilustración 5.9: Ficha técnica de la turbina eólica……..……63
Ilustración 5.10: Esquema de la turbina eólica……64
Ilustración 5.11: Curva de operatividad de la turbina eólica……65
Ilustración 5.12: Porcentaje de cortes de energía rural y urbano……66

Ilustración 5.13: Tabla de indicadores ……68
Ilustración 5.14: Horas de cortes de energía rural y urbano……68
Ilustración 5.15: Ingreso de coordenadas y datos del proyecto a Homer Pro…71
Ilustración 5.16: Análisis promedio de irradiación solar anual.....71
Ilustración 5.17: Análisis de cuadro de cargas y energía.....72
Ilustración 5.18: Resultados de simulación.....……72
Ilustración 5.19: Resultados de simulación.....……73
Ilustración 5.20: Resultados de simulación.....……73
Ilustración 5.21: Resultados de simulación.....……74
Ilustración 5.22: Resultados de simulación.....……74
Ilustración 5.23: Resultados de simulación.....……75

RESUMEN

La presente tesis tiene como propósito el diseño de un sistema Híbrido de 9Kw para mejorar el suministro eléctrico de una estación base celular en adelante “EBC”, Para ello se utilizó el monitoreo de la radiación solar y velocidad del viento y simulaciones de un sistema Híbrido mediante programas informáticos especializados en energía solar, energía eólica y sistemas híbridos, con la finalidad de usar los parámetros técnicos requeridos para la viabilidad de la tesis. Se considera que el sistema Híbrido debe suministrar la energía eléctrica necesaria para mejorar el suministro eléctrico de la actual estación base celular.

Debido a ello se requiere el cálculo del consumo promedio de energía eléctrica de la estación base celular, para luego de obtener los valores requeridos proceder con la selección de los equipos como: panel fotovoltaico, generador eólico, controladores de carga, convertidores, inversores, etc.

Al respecto de la metodología el estudio es de tipo tecnológico habiéndose utilizado como método de investigación el método inductivo, asimismo el nivel de investigación es descriptivo siendo su diseño de investigación del tipo no experimental.

Finalmente, se logra el objetivo principal de mejorar el suministro eléctrico de la estación base celular mediante un sistema Híbrido, utilizando energías renovables, la cuales se encuentran disponibles en el Departamento de Pasco.

Palabras Claves: Sistema Híbrido, eficiencia eléctrica, suministro eléctrico.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to design a hybrid system of 9 kW to improve the power supply of a cell base station hereinafter “EBC”, For this purpose, the monitoring of solar radiation and wind speed and simulations of a hybrid system were used through computer programs specialized in solar energy, wind energy and hybrid systems, with the aim of using the technical parameters required for the viability of the thesis. The hybrid system is considered to provide the electrical power needed to improve the power supply of the current cellular base station.

This requires the calculation of the average electric power consumption of the cellular base station, after obtaining the required values proceed with the selection of equipment such as: Photovoltaic panel, wind generator, load controllers, converters, inverters, etc.

With regard to the methodology, the study is of a quantitative type. The inductive method has been used as a research method, and the level of research is descriptive, being its research design of a non-experimental type.

Finally, the main objective of improving the electricity supply of the cellular base station is achieved through a hybrid system, using renewable energies, which are available in the Department of Pasco.

Keywords: Hybrid System, Electrical Efficiency, Electricity Supply.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en el Perú se ha acrecentado considerablemente el uso de las energías renovables como fuentes de generación energética, el desarrollo de las tecnologías solares limpias, baratas e inagotables, supuso un enorme beneficio a largo plazo, aumentando la disponibilidad energética, asimismo asegurando la sostenibilidad y reduciendo la contaminación. (Energías renovables no convencionales para satisfacer la demanda energética, 2021)

A finales del 2016 se evaluó en comportamiento de la inversión en las energías renovables, resultando muy rentable en comparación del uso de combustibles fósiles, resultando unas comparaciones interesantes y resaltantes como el costo del uso de tecnología solar y eólica para la generación eléctrica era equivalente al costo de uso de los combustibles fósiles (carbón o gas natural). Teniendo una proyección muy rentable a futuro. (Energias Renovables., 2019) Con ello la presente tesis busca hacer énfasis en el uso de las energías renovables mediante el diseño Híbrido.

El sistema que se está proponiendo es un sistema de generación Híbrido que combinara fuentes de generación solar y eólica, obteniendo el respaldo para la estación base celular del distrito.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En la actualidad la conectividad se ha convertido más que una posibilidad, en una necesitad pues aparte de tener efectos positivos como insertar a los habitantes en un entorno globalizado y digital, se requiere el uso de esta tecnología como medio para poder brindar los servicios básicos en las zonas rurales de Latinoamérica como educación, salud entre otros. El 20% de la población de Latinoamérica habita en zonas rurales con condiciones geográficas que limitan el despliegue de la infraestructura querida para mantenerlos conectados. (Conectividad Rural en America Latina, 2021)

Por otra parte, estas tecnologías son dependientes de la disponibilidad continua de un suministro eléctrico.

El uso constante y creciente de los sistemas electrónicos ha elevado la conciencia de la calidad del suministro eléctrico y revelado los constantes problemas en el suministro eléctrico (Joseph Seymour & Terry Horsley). Schneider Electric. (Los 7 problemas del Suministro elecrtico, 2021)

Actualmente en nuestro país, el despliegue de infraestructura para la provisión de servicios móviles, en especial el servicio de Internet Móvil en las zonas rurales, ha cobrado especial relevancia en los últimos años. la penetración de internet en el año 2018, registró un avance de 6.5 puntos porcentuales respecto del año 2016. Del total de hogares peruanos con internet (fijo o móvil), el 89.9% corresponde a la zona urbana y solamente el 10.1% al ámbito rural. (Conectando al Perú, 2018)

En el departamento de Pasco, una de los 24 departamentos que conforman el Perú, presenta un consumo energético Per cápita de casi el triple del promedio nacional. Lo cual también viene desarrollado el desarrollo del sector minero en el departamento de Pasco. (Estadística electrica-2018,2018)

Esto ocasiona que durante los picos más altos de demanda energética existas falla o perdidas de energía eléctrica ocasionando un suministro eléctrico no continuo.

El alcance de la presente investigación propone mejorar el suministro eléctrico de una estación base celular, evaluando la disponibilidad, continuidad y eficiencia energética del suministro eléctrico de la estación base para la conectividad del distrito de santa Ana de Tusi en el departamento de Cerro de Pasco. Actualmente se tiene una disponibilidad de EBC de 83.3%, 7 interrupciones por cliente y 21 horas de duración de las interrupciones por cliente promedio mensual, teniendo un consumo energético de la EBC de 4890Kwh/mes.

En la presente investigación se propondrá el diseño de un sistema Híbrido de 9 kW para mejorar el suministro eléctrico de una estación base celular, mediante el aprovechamiento del RNR propio del lugar. Mejorando así la calidad del suministro eléctrico.

Ante lo expuesto se realizó toda una investigación contando con los datos obtenidos del estudio previo para la conectividad integral del distrito, así como también la población total que se beneficiara con la implementación de este servicio.

1.2 Formulación del problema

Al conocer la dificultad para mantener el fluido eléctrico y obtener conectividad a internet móvil en el distrito de santa Ana de Tusi y la situación geográfica del lugar que lo sitúa aislado del centro de cerro de Pasco, ante ello ¿De qué manera el diseño de un sistema Híbrido de 9KW mejora el suministro eléctrico de una EBC, del distrito de Tusi, Pasco 2021?

1.2.1 Problema general

¿De qué manera el diseño de un sistema híbrido de 9kw puede mejorar el suministro eléctrico de una EBC, del distrito de Tusi, Pasco 2021?

1.2.2 Problema específico

- ¿De qué manera un sistema Híbrido de 9 kW puede mejorar la disponibilidad del suministro eléctrico de una estación base celular?
- ¿De qué manera un sistema Híbrido de 9 kW puede mejorar la continuidad del suministro eléctrico de una estación base celular?
- ¿De qué manera un sistema Híbrido de 9 kW puede mejorar la eficiencia del suministro eléctrico de una estación base celular?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar cómo el diseño de un sistema híbrido de 9 kW mejora el suministro eléctrico de una EBC, del distrito de Tusi, Pasco 2021.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar un sistema Híbrido de 9 KW para mejorar la disponibilidad del suministro eléctrico de una estación base celular.
- Determinar un sistema Híbrido de 9kw para mejorar la continuidad del suministro eléctrico de una estación base celular.
- Determinar un sistema Híbrido de 9 kW para mejorar la eficiencia del suministro eléctrico de una estación base celular.

1.4 Limitantes de la investigación

1.4.1 Limitación teórica

Las limitaciones dadas para la realización del diseño de la estación base celular híbrida son, principalmente, lograr que el diseño sea sostenible durante todo el año sin caídas de red eléctrica y mantenerse constante.

1.4.2 Limitación temporal

El precio de un sistema Híbrido en una estación base celular es bastante costoso al inicio del proyecto. Requiriendo una fuerte inversión inicial, teniendo un periodo de retorno de inversión desde 4 -12 años. Pero ello conllevan a un ahorro energético a largo plazo.

1.4.3 Limitación espacial

El diseño de un sistema Híbrido de 9 kW para mejorar el suministro eléctrico de una EBC, 2021.

1.5 Justificación

La presente tesis, da a conocer que hoy en día el uso de tener conectividad es primordial para el desarrollo social, económico y educativo. Por lo cual surge la importancia de tener una estación base celular con disponibilidad y operatividad que pueda dar la conectividad integral a toda la población.

Manteniendo el compromiso de realizar un diseño Híbrido autosostenible energéticamente, aprovechando el recurso natural renovable transformándolo a energía que pueda alimentar o entregar energía eléctrica a la estación base celular.

1.5.1 Justificación teórica

Actualmente dependemos de la inestabilidad de los recursos convencionales, lo cual nos trae consecuencias de una energía eléctrica de inoperatividad. Es por ello que es necesario el uso de recursos renovables y el diseño de sistemas que sean económicamente viables, continuos y eficientes.

Actualmente en el Perú se están impulsando las energías renovables por lo cual se promulgan nuevas leyes de regulación respecto a esta fuente energética.

- Ley N° 28832, “Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la Generación Eléctrica (2006)”.
- RD N° 003-2007-EM-DGE, “Especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para la electrificación rural”.
- Decreto Legislativo N° 1002 Desarrollo de la generación de electricidad mediante energías renovables.
- DS N° 012-2011 EM “Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables”.

Resolución Osinergmin N°206 -2010.OS/CD: esta resolución fija el valor de la tarifa eléctrica rural para sistemas fotovoltaicos.

1.5.2 Justificación tecnológica

La inoperatividad del sistema de internet debido a los cortes de energía en la red eléctrica, ha conllevado a proponer nuevas tecnologías de generación que tengan como objetivo generar un respaldo para la estación base celular.

1.5.3 Justificación social

Con este diseño se dará un mejor acceso a la red de internet, además se pretende mejorar el desarrollo y la calidad de vida de los pobladores.

1.5.4 Justificación ambiental

La utilización de recursos renovables en la generación de energía eléctrica con un sistema Híbrido reduce el uso de energías convencionales, los cuales son generadas mediante recursos no renovables.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

- **Para Henriquez y Nahuelquén (2017)** en su tesis cuyo título es “Estudio de factibilidad de un sistema Híbrido Solar- Eólico para la comunidad de casas en San Nicolas”.

  El objetivo principal de esta investigación fue diseñar una micro central hibrida solar eólica aislada para la comunidad de casas situada en una comunidad rural. Así mismo, la metodología utilizada fue descriptiva y experimental.

El autor llego a las siguientes conclusiones:

- Se obtuvo que en una evaluación de 25 años con las condiciones actuales de recursos energéticos y costos de los equipos, la opción más conveniente en cuanto a costo y mantenimiento es la instalación de un sistema fotovoltaico de 2 KW de potencia nominal, un aerogenerador de la marca Windspot de 3.5 KW, un generador Diesel marca Kipor de 5KW de potencia, un banco de baterías compuesto por 8 baterías de 200 Ah cada uno, dos inversores Victron Energy Multiplus de 3KW cada uno trabajando en paralelo.
- El proyecto tendría una mayor viabilidad si este se conectara a la red y se inyectara los excedentes de energía al sistema, ya que en la simulación se demostró una pérdida de energía de 10255Kwh al año.

El aporte de este antecedente es poder demostrar la viabilidad de un proyecto de sistema híbrido respecto al costo de los equipos, mantenimiento y consumo de la comunidad, es de gran importancia poder realizar un análisis de costos y tasas de retorno de inversión.

- **Para Amezquita (2019**) en su tesis cuyo título fue “Diseño de un sistema Híbrido Solar- Eólico para el soporte de telecomunicaciones en el Cerro Girasoles del ejército de Colombia”.

El objetivo general de la investigación fue “Diseñar un sistema Híbrido (solar- eólico) que permita garantizar la operatividad del sistema telecomunicaciones de voz, video y datos en el Cerro Girasoles del Ejército de Colombia. Así mismo la metodología utilizada fue descriptiva, mixta y experimental.

El Autor llego a las siguientes conclusiones:

- Conocer la importancia que representa las energías renovables y utilidad de solucionar un problema de suministro eléctrico empleando este tipo de recursos.

- El viento es considerado un recurso energético económico y seguro, ya que los avances en tecnología lo sitúan en una posición competitiva, conllevando a ser la principal fuente de suministro.
- Se determinó las condiciones técnicas ambientales en el Cerro Girasoles, se pudo evidenciar que cuentan con los parámetros mínimos para el funcionamiento del sistema de energía Híbrido.

El aporte de este antecedente es conocer la utilización de recursos renovables para la generación eléctrica. La tecnología cada vez da mayor importancia a este tipo de recursos.

- **Para Gómez (2019)** en su tesis cuyo título fue “Diseño y optimización de un sistema Híbrido con gestión de la demanda y aplicaciones en modo isla”.

El objetivo de la investigación es desarrollar una metodología para lograr la optimización de sistemas híbridos renovables que incluya aspectos de gestión de la demanda y la posibilidad de operar en modo aislado. La metodología utilizada fue descriptiva y experimental.

El autor llego a las siguientes conclusiones:

- Las definiciones de generación distribuida y micro red han llevado a una mayor participación de los sistemas híbridos renovables.
- En la investigación se ha enfocado la metodología que optimiza un HRES, considerando indicadores económicos y medioambientales.

El aporte de esta investigación es la implementación de recursos renovables en granjas acuícolas, realizar un análisis comparativo de viabilidad y fiabilidad del sistema.

- **Para Sánchez (2016)** en su investigación cuyo título fue “Diseño de un sistema Híbrido eólico solar para la implementación de un sistema para bombeo de agua”.

  El objetivo principal es el diseño de un sistema eólico solar como fuente de energía para un equipo de bombeo de agua potable. La metodología utilizada es descriptiva, mixta y experimental.

  El autor llego a las siguientes conclusiones:

  - Dado que el volumen diario requerido es bajo, la bomba que se requiere es pequeña, con una capacidad de 0.5 HP, la cual va a operar bajo las condiciones de caudal y altura necesarias para satisfacer la demanda y bajo una eficiencia alta para este tipo de equipos (60%).
  - El potencial solar del cual se dispone en el sitio de instalación es suficiente para llevar a cabo el proyecto de una manera adecuada, donde se optimice la cantidad de los paneles y se tenga una viabilidad económica para este tipo de proyectos.
  - El potencial eólico por su parte, es tan bajo en la zona que no alcanza la velocidad mínima de arranque de los aerogeneradores comerciales, por lo tanto, no es viable su utilización ni siquiera haciendo un Híbrido con la energía solar, ya que es mucho más económico utilizar un panel que genere la energía que se debería suplir con el aerogenerador que el aerogenerador mismo.

  El aporte de esta investigación es determinar el potencial de generación de cada recurso, se determinó la viabilidad y aprovechamiento de la energía solar, obteniendo un respaldo eléctrico de 4 hr.

- **Para Gonzales (2019**) en su tesis cuyo título fue “Propuesta de un Sistema Híbrido Eólico- Fotovoltaico para el Hotel Santa Clara Libre”.

  El objetivo principal de la investigación fue proponer un sistema Híbrido Eólico- Fotovoltaico para el Hotel Santa Clara. La metodología utilizada es teórico- experimental.

  El autor llego a las siguientes conclusiones:

  - El SHEFV permite un aprovechamiento conjunto y optimizado de los recursos locales, pudiendo garantizar altos niveles de calidad, confiabilidad y rendimiento.
  - A partir del diagnóstico realizado se constata que el hotel Santa Clara libre presenta condiciones óptimas de aprovechamiento del recurso viento, pero no es así con el solar, debido a la poca área disponible en el techo del edificio.
  - Los resultados del análisis y dimensionamiento del sistema Híbrido demostraron que, para los meses críticos del año en cuanto a las velocidades del viento y radiación solar, es posible instalar un SHEFV conectado a la red eléctrica secundaria perteneciente al hotel en la azotea del mismo. Este sistema resulta viable para una capacidad de 26.4 KW, de ellos 20KW eólicos y 6.4 KWp FV que pudiera asumir el 5% del consumo del edificio. El sistema generaría un total de 37,681.2 KWh anuales.

  El aporte de la investigación fue demostrar la viabilidad de la propuesta y la utilización de los recursos disponibles para la generación eléctrica en el Hotel Santa Clara.

2.1.2 Antecedentes nacionales

- **Para Sanchez (2019)** en su tesis cuyo título fue “Dimensionamiento de un sistema Híbrido con energía renovable para el caserío Víctor Raúl en Jayanca, provincia y departamento de Lambayeque”.

  El objetivo general de esta investigación fue proponer un sistema Híbrido con energía eólico- solar para la generación eléctrica en el caserío Víctor Raúl, ubicado en el distrito de Jayanca, provincia y departamento de Lambayeque. Así mismo la metodología es teórico experimental.

  El autor llego a las siguientes conclusiones:

  - Se determinó que la demanda actual es de 4,08 KW y la energía promedio diaria actual es de 12,48 Kwh/día, en tanto que la máxima demanda proyectada para un horizonte de 20 años en el caserío Víctor Raúl es de 5,976Kw. Para 43 viviendas proyectadas, la energía promedio proyectada será de 18,100 Kwh/día.

  El aporte de esta investigación fue dar a conocer la importancia del empleo de recursos renovables en las zonas donde no hay un acceso a la energía eléctrica, además del análisis de demandas de potencia y consumos de energía a largo plazo, dando un mejor panorama de la viabilidad de la ejecución de este tipo de diseño.

- **Para Arce (2017)** en su tesis “Diseño de un sistema de generación solar-eólico para ser aplicado en electrificación rural en el distrito de Andagua”.

  El objetivo general en este trabajo es el aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones contaminantes de CO2 en el distrito de Andagua para mejorar la calidad de vida y disminuir la contaminación ambiental, mediante la combinación optima de un sistema Híbrido eólico Fotovoltaico. Así mismo la metodología es teórico y experimental.

El autor llego a las siguientes conclusiones:

- La propuesta técnica de la central eólica solar que se encuentra basado en módulos fotovoltaicos y generadores, se llegó a concluir que fue una instalación hibrida eficiente.
- La forma de utilizar la energía solar mediante sistemas fotovoltaicos, posee un gran futuro dentro de las energías alternativas. Además, con el avance de la tecnología se logra disminuir los costos de los paneles, así como también su instalación, posibilitando así un mayor acceso de las familias de sectores rurales.
- El uso primordial de esta tecnología y uno de los más importantes seria la electrificación de zonas rurales, en las cuales no es posible hacer llegar la red de energía eléctrica convencional.
- Con la puesta en marcha de este proyecto se permitirá el desarrollo social, cultural y económico de las comunidades de Andagua, logrando mejorar su infraestructura de servicios básicos.

El aporte de esta investigación fue dar a conocer la importancia de recursos renovables para la generación eléctrica, además de permitir un desarrollo social, cultural y económico de las comunidades de Andagua.

- **Para Jamjachi (2021)** en su tesis “Diseño de un sistema eléctrico Híbrido para una vivienda residencial “.

  El objetivo general fue Diseñar un sistema eléctrico Híbrido para una vivienda residencial. Así mismo la metodología aplicada fue el método de análisis y diseño, el análisis se realiza con teorías propuestas en diversos artículos científicos y el diseño con elementos y dispositivos tecnológicos existentes.

  El autor llego a las siguientes conclusiones:

  - La energía, distribuida a través de fuentes renovables convencionales y no convencionales dan solución a la actual demanda energética con un ahorro sostenible de la sociedad, evitando que muchas centrales de generación entren en funcionamiento, sobre todo las que producen daños al ecosistema.
  - Los sistemas híbridos aportan beneficios operativos, al sistema de generación nacional, ya que, al no consumir en cien por ciento la electricidad de la red pública los centros de generación no son afectados por la sobre demanda de energía eléctrica, así, la energía ahorrada puede ser transportada y utilizada en lugares que no cuentan con este recurso.

  El aporte de esta investigación es el dar a conocer que la generación distribuida pude suplir demandas de energía de la red, evitando o limitando el ingreso o funcionamiento de centrales de generación convencionales.

- **Para Rivera (2018)** en su tesis “Diseño de un sistema híbrido eólico solar para la generación de energía eléctrica para el caserío Virgen del Carmen provincia de Jaén departamento de Cajamarca. “.

  El objetivo general fue Diseñar un sistema eólico solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el caserío Virgen del Carmen en el distrito de Jaén. Así mismo la metodología aplicada fue el método de análisis y diseño, el análisis se realiza con teorías propuestas y el diseño con elementos y dispositivos tecnológicos existentes.

  El autor llegó a las siguientes conclusiones:

  - La energía promedio diaria requerida por el caserío es de 18,258Kwh, con una máxima demanda de 6,286 KW.
  - Según el SENAHMI se ha obtenido un valor de 4,75 Kwh/m2/día y según el software SOLARIUS PLUS 6,15 Kwh/m2/día.
  - Se dimensiono el sistema eólico solar el cual está compuesto por 1 generador ENAIR 70 PRO de 5kw, 20 paneles fotovoltaicos Yingli solar de 250 Wp, 20 baterías de 260Ah, 2 controladores de carga 150/60 y 1 inversor 48/10000- 230V.
  - El costo referencial para el sistema eólico fotovoltaico es de S/. 326541,33

  El aporte de esta investigación es el dar a conocer el aprovechamiento y la importancia de la utilización de los recursos renovables para la generación eléctrica distribuida.

- **Para Pajares Espejo (2017**) en su tesis “Generación Híbrida de 2 KW para el centro poblado laguna Huanama en el distrito de Salas “.

  El objetivo general fue la Generación Hibrida de 2KW para el centro poblado laguna Huamana en el distrito de Salas. Así mismo la metodología aplicada fue el método de análisis y diseño.

El autor llegó a las siguientes conclusiones:

- Se evaluó la demanda actual y a futuro del centro poblado laguna Huanama, obteniendo una demanda máxima actual para el 2016 de 1.076 KW y una proyección a 20 años de 1.98KW.
- Se obtuvo el potencial de generación de energía en función del 60%de La velocidad del ciento y el 40% de potencial total para paneles fotovoltaicos.
- Con el estudio efectuado, dará abastecimiento a 16 viviendas del centro poblado.Los planos fueron elaborados en el software CAD. Se elaboro un plan de mantenimiento preventivo para el generador, así como para los paneles fotovoltaicos.
- Con resultados de evaluación económica, se llegó a la conclusión de que el proyecto es factible con una tasa interna de retorno de 10%.

El aporte de esta investigación es el dar a conocer la utilización de los recursos renovables, la generación eléctrica viable para poder abastecer de electricidad al poblado de la laguna Huanama.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Diseño de un Sistema Hibrido

Según (Ali Mubarak, 2019). Un sistema Híbrido se define como “La combinación de fuentes de energía renovables, como la energía fotovoltaica y la energía en conjunto con un sistema de almacenamiento, es ampliamente reconocida como una alternativa viable para fuentes de alimentación convencionales para áreas remotas, estos sistemas son reconocidos como sistemas de energía hibrida”.

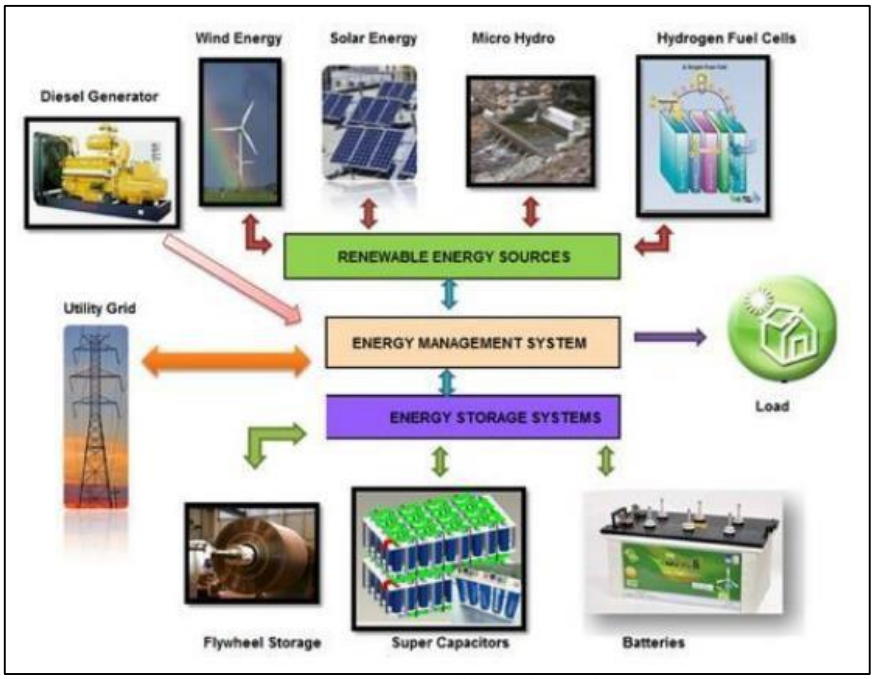
Según (Luis David guerra Baeza,2020). Los sistemas híbridos de generación eléctrica son aquellos que se basan en más de una fuente de energía en cualquier combinación del tipo renovables y no renovables.

Según (Luis Alvarado Diaz,2018): Un sistema Híbrido es un sistema compuesto por dos o más sistemas de generación.

Según (Jenner Dimas Andrade Ñaccha/ Miguel Angel Quispe Conde,2016): Un sistema Híbrido es un sistema compuesto por dos o más sistemas.

Según Francisco Javier Gómez González,2020): El termino sistema Híbrido describe un sistema el cual integra diferentes generadores distribuidos para alimentar la demanda de potencia.

Ilustración 2.1 : Arquitectura de un Sistema Hibrido de Energía Renovable



Fuente: Ali Mubarak ,2019.

2.3 Marco Conceptual

En este punto de la tesis se busca investigar y estudiar conceptos básicos de los factores involucrados en el aprovechamiento de la energía solar y eólica, para mejorar el suministro eléctrico mediante la implementación de un sistema hibrido solar eólico, obteniendo con ello la sustentación teórica imprescindible para el diseño que planteamos realizar.

El objetivo de este diseño es analizar la viabilidad de un sistema hibrido para la mejora del suministro eléctrico actual de una EBC, diseñar los equipos y aparatos, logrando así una mejora en el aspecto social, económico y medioambiental del distrito de Tusi.

Se determinarán parámetros importantes para el diseño del sistema, como irradiación solar, velocidad del viento, dimensionamiento de las baterías, inversor, selección de los paneles, generador eólico y demás equipos electromecánicos necesarios para el diseño del sistema Hibrido sola r eólico. Además se determinara como un sistema hibrido pueden mejorar la confiabilidad, la continuidad y eficiencia del suministro eléctrico en el distrito de Tusi Pasco.

La simulación del diseño tendrá como fin verificar el potencial solar -eólica en el distrito, el dimensionamiento del sistema para la EBC y análisis del sistema.

Este diseño es un aporte y mitigación a la contaminación de la generación eléctrica por el empleo de recursos convencionales y fósiles.

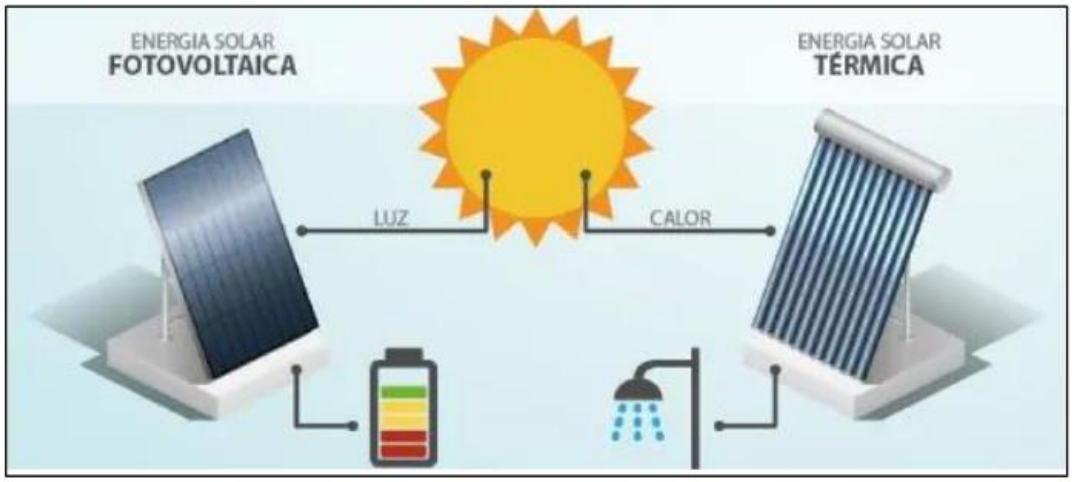
2.4 Definición de términos básicos

2.4.1 Energía Solar

Los rayos de sol que alcanzan la atmosfera exterior siempre están sujetos a los procesos de absorción, flexión y transmisión a través de la atmosfera antes alcanzando la superficie terrestre.

Para obtener estimaciones precisas de la radiación solar se necesita las condiciones meteorológicas, geográficas y atmosféricas del lugar de estudio. (designing of a pv/wind/diesel hybrid energy system, 2017)

Ilustración 2.2 : Aprovechamiento de la Energía Solar

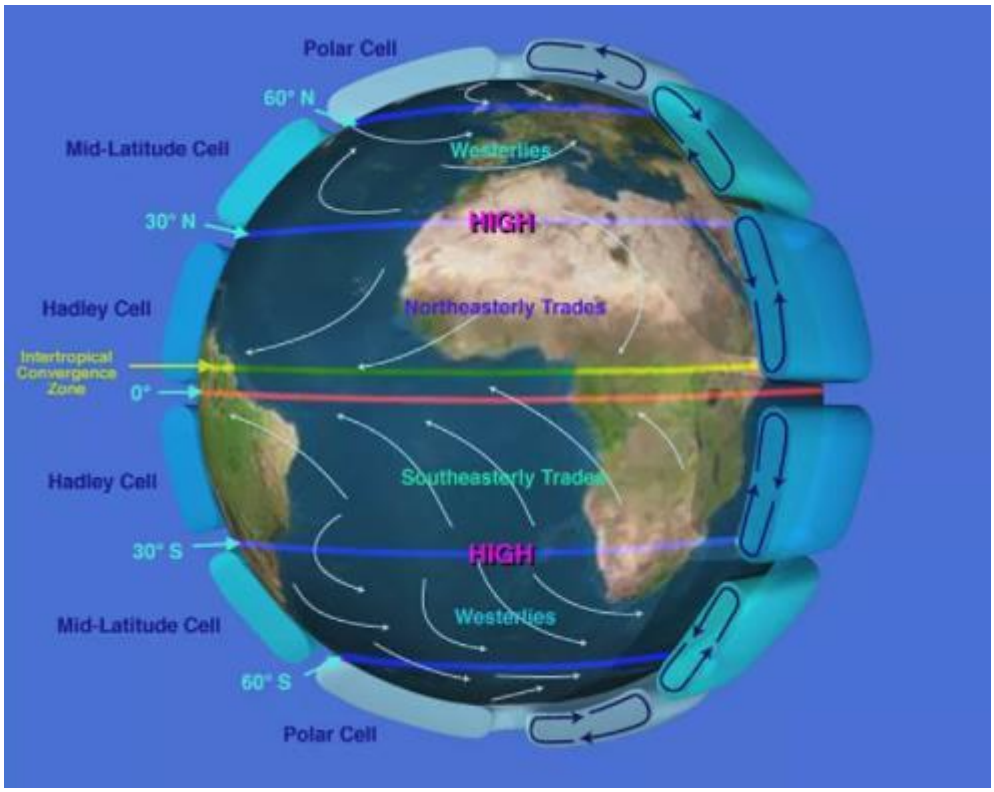


Fuente: Ali Mubarak, 2019.

2.4.2 Viento

El viento se genera a partir del proceso de calentamiento desigual de la superficie terrestre, hay zonas que se calientan más que otra y en dichas zonas el aire pesa menos, tiende a ascender generando áreas de bajas presiones; lo contrario en las zonas más frías el aire desciende y pesa mas creando area de altas presiones. La diferencia de las presiones indicadas produce el movimiento del aire y se produce el viento. Ese elemento producido es utilizado es transformado a energía. (IBERDROLA, 2022)

Ilustración 2.3 : Generación del Viento

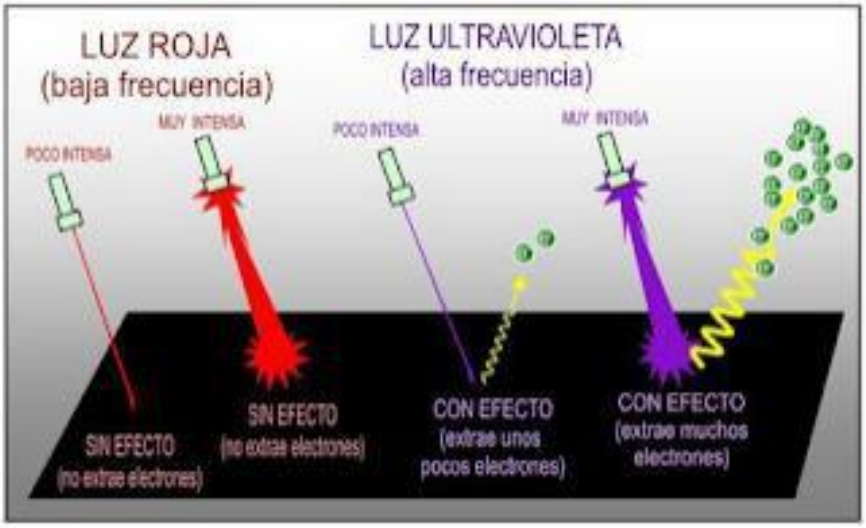


Fuente : Ali Mubarak, 2019.

2.4.3 Energía fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es obtenida a través de la luz solar, la cual incide en dispositivos tecnológicos y se convierte en electricidad, el proceso descrito es conocido como el efecto fotoeléctrico. Este efecto es un proceso químico por el cual los fotones (partículas lumínicas) liberan electrones cuando inciden en los dispositivos tecnológicos diseñados para captar los fotones. (IBERDROLA, 2022)

Ilustración 2.4 : Efecto Fotovoltaico



Fuente: Ali Mubarak, 2019.

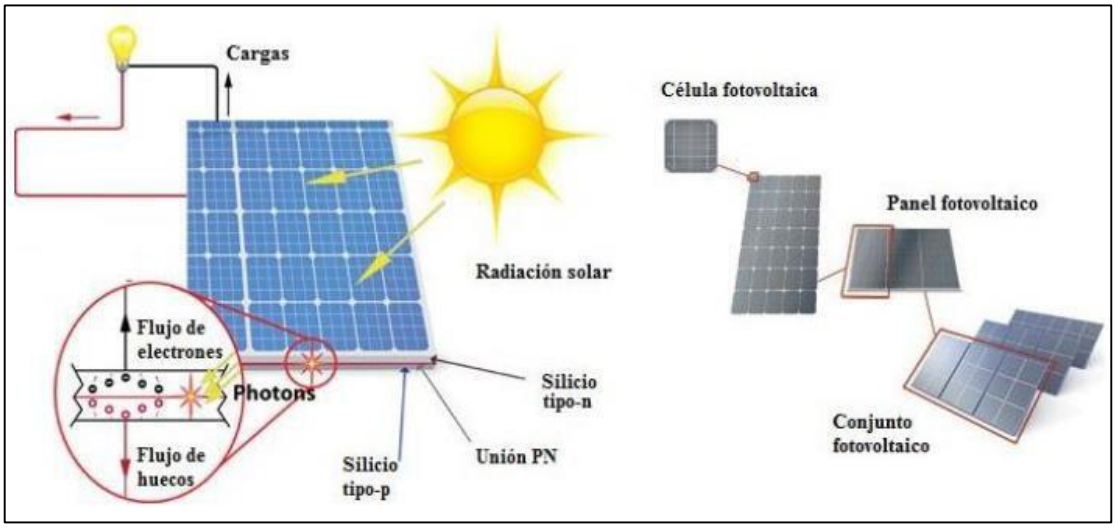
2.4.4 Célula fotovoltaica

Las células fotovoltaicas convierten la luz solar directamente en electricidad sin crear contaminación del aire o del agua. Las células fotovoltaicas están hechas de al menos dos capas de material semiconductor.

Una capa tiene una carga positiva y la otra negativa. Cuando la luz entra en la celda, algunos de los fotones de la luz son absorbidos por los átomos semiconductores, liberando los electrones de la capa negativa de la celda para fluir a través de un circuito externo y volver a la capa positiva.

Este flujo de electrones produce corriente eléctrica. (designing of a pv/wind/diesel hybrid energy system, 2017)

Ilustración 2.5: Funcionamiento de PV.



Fuente : Ali Mubarak,2019.

2.4.5 Energía eólica

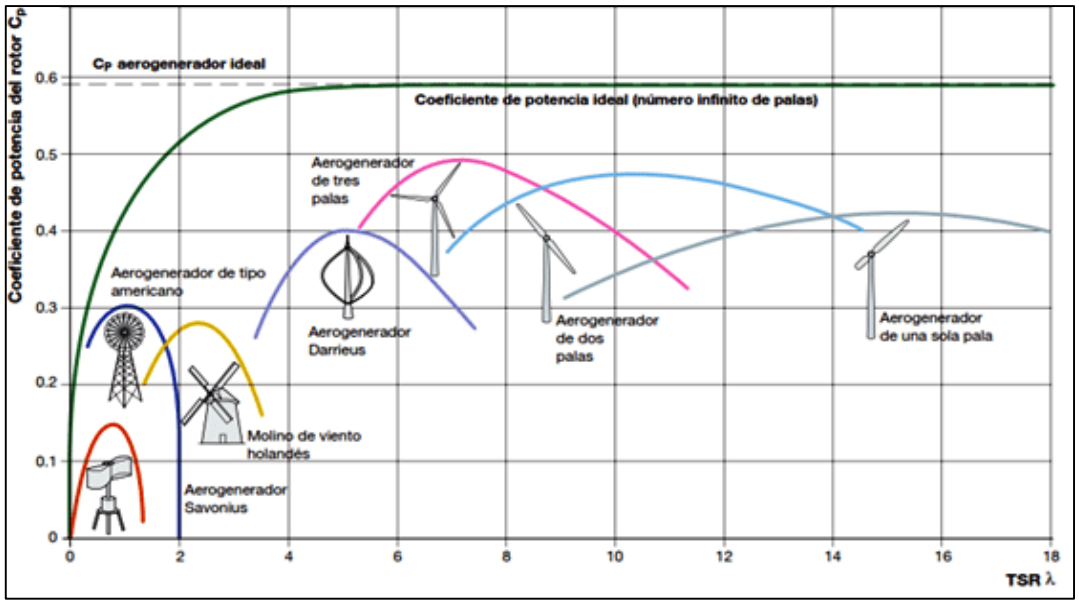
La energía eólica, es una energía cinética producida por el efecto d las corrientes del aire, la cual es aprovechada por dispositivos tecnológicos comúnmente conocidos como generadores eléctricos.

Aunque existan diferentes tipos de aerogeneradores solo se clasifican en 2; aerogenerador de eje vertical y de eje horizontal. La selección del dispositivo idóneo es de acuerdo a la disponibilidad del recurso renovable. (Ingeniería de Mantenimiento, 2012)

Ilustración 2.6 : Tipos de Aerogeneradores

Fuente: Exse_aerogeneradores.

Ilustración 2.7 : Criterio para Selección de Aerogeneradores.

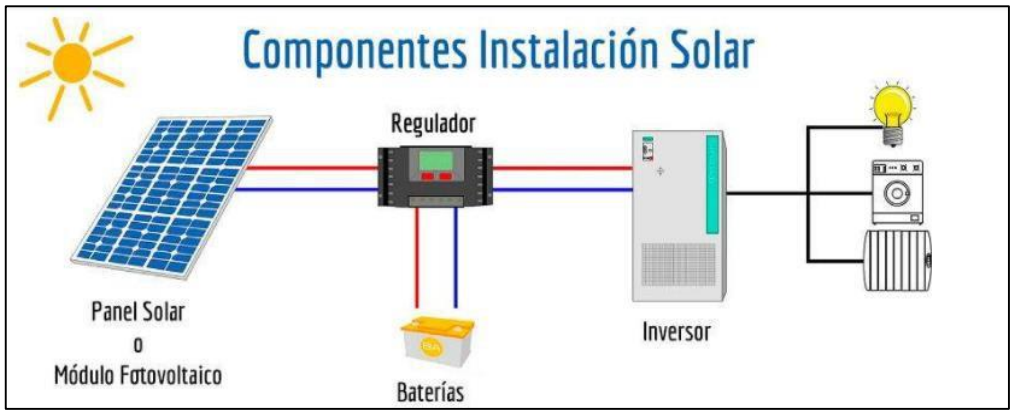


Fuente: Diseños de Aspa

2.4.6 Regulador de carga

La función del regulador/controlador de carga es garantizar que la batería no esté sobrecargada. Existe una desconcertante gama de dispositivos comerciales de un gran número de fabricantes, con corrientes nominales de unos pocos amperios hasta cientos de amperios y tensiones de funcionamiento generalmente en múltiplos de 12 V hasta 48 V (tensión nominal de la batería). La mayoría de los controladores de carga disponibles comercialmente para aplicaciones PV utilizan un regulador de serie conmutado para controlar la corriente de carga. (designing of a pv/wind/diesel hybrid energy system, 2017)

Ilustración 2.8: Ubicación del regulador de carga



Fuente: Ali Mubarak, 2019.

2.4.7 Baterías de almacenamiento

Los sistemas basados en recursos de energía renovable (PV y Viento) requieren almacenamiento para satisfacer la demanda de energía durante períodos de baja irradiación solar, nocturna y velocidades de viento bajas. Hay varios tipos de baterías disponibles como el plomo ácido, níquel–cadmio, litio, bromuro de zinc, cloruro de zinc, baterías de azufre sódico, níquel-hidrógeno, redox y vanadio.

El suministro de almacenamiento de energía eléctrica rentable sigue siendo uno de los principales retos para el desarrollo de una energía renovable mejorada. (designing of a pv/wind/diesel hybrid energy system, 2017)

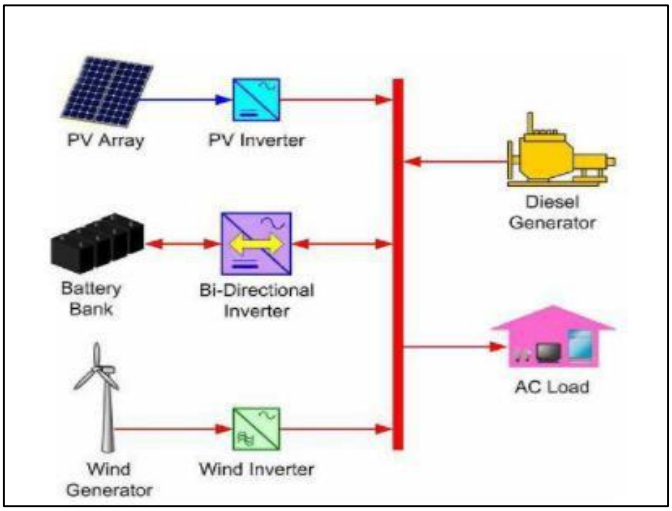
Ilustración 2.9 :Baterías de almacenamiento de litio marca Huawei.

Fuente: Huawei batería, autosolar.es

2.4.8 Sistemas Híbridos

La combinación de fuentes de energía renovables, con las matrices fotovoltaicas o los generadores eólicas interconectado con el almacenamiento de baterías, es usualmente conocida como fuente de alimentación convencionales para áreas remotas, las cuales son clasificas son clasificados a su vez dentro las tan llamadas sistemas de energías híbridos. (designing of a pv/wind/diesel hybrid energy system, 2017).

Ilustración 2.10: Sistemas Hibrido para Alimentación Eléctrica Aislada



Fuente Ali Mubarak, 2019.

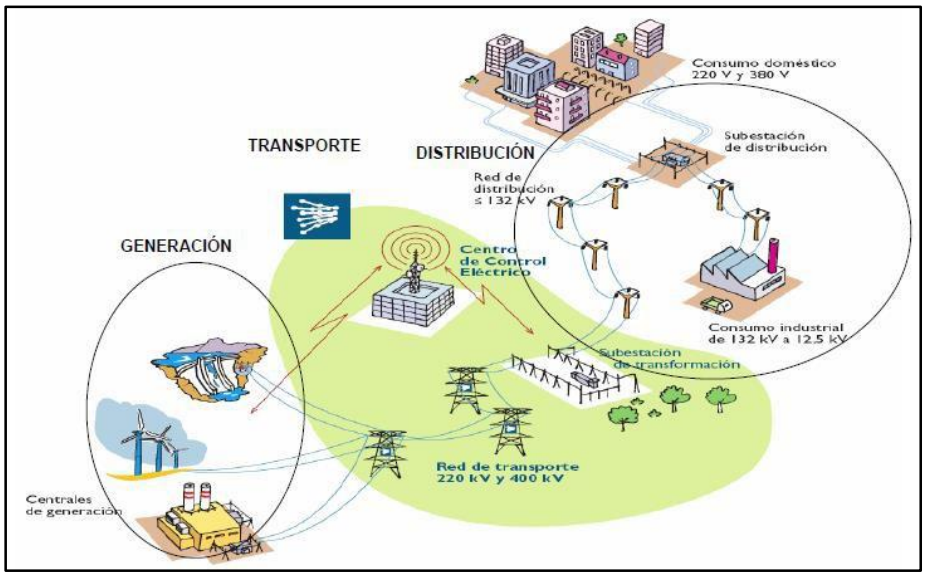
2.4.9 Dimensionamiento de un sistema Hibrido

Un sistema Híbrido es una alternativa viable en comparación de los sistemas que dependen de combustible hidrocarburos, asimismo el sistema Híbrido con otro enfoque nos proporciona una visión de un sistema ecológico y económico debido a que ambas tecnologías (eólica y solar) se complementan debido a que sus características de la irradiación solar y la velocidad del viento influyen entre sí en la producción de energía resultante. Así mismo el diseño de un sistema Híbrido es específico del sitio y depende de gran importancia para su dimensionamiento de los recursos disponibles y de la demanda de la carga (Ali Mubarak, 2019).

2.4.10 Suministro eléctrico

Un sistema eléctrico este compuesto por sub sistemas; sistema de generación, sistema de transmisión y sistema de distribución. Los cuales trabajan conjuntamente de manera lineal, este conjunto está dotado por mecanismos de continuidad, disponibilidad y control. cómo se visualiza en la siguiente imagen (Jose Maria Yusta Loyo, 2013).

Ilustración 2.11 : Sistemas Eléctricos de Potencia



Fuente: Ali Mubarak, 2019**.**

En la presente tesis nos enfocaremos en los mecanismos de control los cuales son importantes analizar para el desarrollo de la propuesta tecnológica que se está presentando.

2.4.10.1 Continuidad del Suministro eléctrico

La continuidad del suministro eléctrico propiamente dicho se refiere al número de interrupciones del suministro y su duración estos valores son obtenidos y representados por los indicadores “NIC, DIC”. (Continuidad del Suministro , 2000)

Tabla 2.1 : Aspectos de Calidad

Nivel de Tensión	SDT 4		SDT5 , E , SER	
	NIC	DIC	NIC	DIC
MT	07	17	07	28
BT	10	25	10	40

Fuente: NTCE_Rural

2.4.10.2 Disponibilidad del suministro eléctrico

La disponibilidad propiamente dicha es definida como el cociente entre tiempo de operatividad de la estación base celular y el tiempo total de inoperatividad de la estación base celular, para calcularlo es requerido obtener el tiempo disponible; como resta del tiempo total de operatividad – tiempo total de inoperatividad. (Ingenieria de Mantenimiento, 2012)

$$\textbf{Disponibilidad} = \frac{\textbf{tiempo de operatividad} - \textbf{tiempo de inoperatividad}}{\textbf{tiempo de operatividad}} \textbf{x } 100\%$$

2.4.10.3 Eficiencia del suministro eléctrico

La eficiencia energética se basa en la consideración y análisis de diferentes indicadores propios del suministro eléctrico, como son los incrementos de gastos por perdidas de energía, la reducción de la vida útil de los equipos, entre otros (Jose Maria Yusta Loyo, 2013).

En la presente tesis se evaluará la eficiencia del suministro mediante una comparación de gastos extras de mantenimiento y el costo de la energía comercial, en comparación de la reducción del consumo eléctrico de la red comercial al usar un sistema Híbrido renovable

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

- El diseño de un sistema híbrido de 9 kW mejora el suministro eléctrico de una EBC, del distrito de Tusi, pasco 2021.

3.1.2 Hipótesis especifica

- Un sistema Híbrido de 9 Kw mejora la disponibilidad del suministro eléctrico de una estación base celular.
- Un sistema Híbrido de 9kw mejora la continuidad del suministro eléctrico de una estación base celular.
- Un sistema Híbrido de 9 Kw mejora la eficiencia del suministro eléctrico de una estación base celular.

3.2 Definición conceptual de variables

3.2.1 Variable Independiente:

Diseño de un sistema híbrido de 9kw, “La combinación de fuentes de energía renovables, como la energía fotovoltaica y la energía en conjunto con un sistema de almacenamiento, es ampliamente reconocida como una alternativa viable para fuentes de alimentación convencionales para áreas remotas, estos sistemas son reconocidos como sistemas de energía hibrida”. (Ali Mubarak, 2019).

3.2.2 Variable Dependiente :

Suministro eléctrico, “La actividad de distribución eléctrica tiene la finalidad de llevar el suministro de energía eléctrica desde el sistema de transmisión hacia cada uno de los usuarios finales del servicio eléctrico, las redes del sistema de distribución deben diseñarse de tal forma que exista un equilibrio entre la seguridad del suministro, en el sentido de seguir funcionando ante posibles fallas o desperfectos en algunas instalaciones, y la eficiencia , en el sentido de la minimización de costos”. (OSINERGMIN, 2022)

3.3 Operacionalización de variables (Dimensiones, indicadores, índices, métodos y técnica)

Tabla 3.1 : Operacionalizacion de variables

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES
DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO	Fuentes de energía eólica y solar del lugar a diseñar	Nivel de radiación (Wh/M2) Velocidad del viento (m/s)
	Componentes del sistema de energía renovable	Densidad del aire (kg/ m3) Selección del panel fotovoltaico Selección de la turbina eólica Selección de las baterías de almacenamiento
	Acondicionamiento y control de la energía	Selección de inversor Selección de las baterías de almacenamiento Selección del controlador de carga
SUMINISTRO ELECTRICO	Disponibilidad del suministro eléctrico	% disponibilidad de la estación base celular
	Calidad del suministro	Continuidad del suministro eléctrico (N / D)
	Eficiencia del suministro Eléctrico	Ahorro energético respecto a uso de energía comercial

IV. DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

La presente tesis es de tipo **TECNOLOGICO**, debido a que “la investigación tecnológica tiene como propósito la aplicación del conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad. Sus niveles son la experimentación y la aplicación”. (Espinoza , 2014)

El diseño de investigación de la presente tesis es **NO EXPERIMENTAL** y el nivel de investigación es Descriptivo**,** porque se realizará una comparación del uso de energía eléctrica convencional con la energía generada de nuestro sistema Híbrido, obteniendo un diagnóstico descriptivo comparativo con caracterizaciones sobre la base de varios factores. (Espinoza , 2014)

Diagrama:

M1 ⟶ O_1

$O_1 \approx O_2 \approx O_3$

M2 ⟶ O_2

$O_1 = O_2 = O_3$

M3 ⟶ O_3

$O_1 \neq O_2 \neq O_3$

Mn ⟶ O_n

Donde:

Mn: SISTEMA HIDRIDO DE 9 KW

O_n : SUMINISTRO ELECTRICO

Comparación entre cada una de las muestras, pudiendo ser:

- Semejantes (≈)
- Iguales (=)
- Diferentes (≠)

4.1.1 Radiación Solar en Pasco

Para identificar la radiación solar del departamento de Pasco, se utilizó el programa PVGIS, en el cual se utiliza como único parámetro las coordenadas del lugar a investigar. El programa PVGIS nos proporciona el nivel promedio de la radiación solar del punto a investigar. También se utilizó el programa GLOBAL SOLAR ATLAS, el cual nos proporciona el potencial fotovoltaico aprovechable.

La presente tesis, tiene como objeto de estudio la estación base celular (EBC), ubicada en el distrito de Tusi, el cual se pertenece a la provincia de Daniel Alcides Carrión, Departamento de Pasco, en las siguientes coordenadas: -10.4742S, -076.3418W

La ubicación se muestra en la siguiente figura:

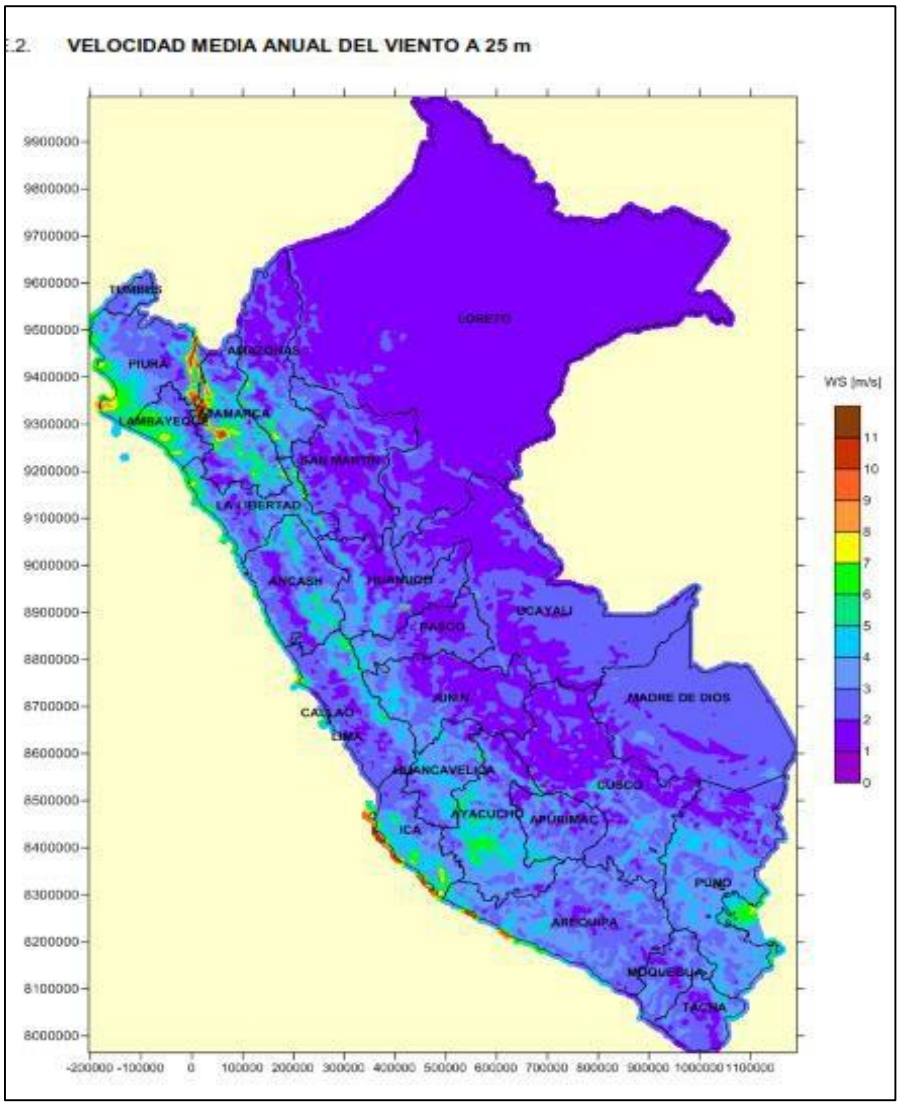
Ilustración 4.1 : Distrito de Santa Ana de Tusi

Fuente: Google Heart

4.1.2 Velocidad del viento en Pasco

La medición de la velocidad del viento se usó datos de atlas eólico y se contrasto con el software ENAIR.

Ilustración 4.2 : Mapa eólico de Santa Ana de Tusi



Fuente: Atlas eólico del Perú

4.1.3 Máxima demanda eléctrica

Para realizar el cálculo de la demanda de potencia máxima, debe primero conocerse la potencia aparente de cada receptor o carga.

En base a las potencias demandadas por cada receptor se calcula la potencia demandada por la instalación, introduciendo distintos factores que tienen en cuenta la utilización de cada carga y la diversidad del uso. (Ademaro A.M.B Cotrim- Mc. Graw Hill)

$$\mathbf{MD} = \sum \mathbf{FD} * \mathbf{Pinst}$$

Donde:

- MD: Máxima demanda
- FD: Factor de demanda
- Pinst: Potencia instalada o potencia aparente de la carga receptora

4.1.4 Consumo de energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica lo podemos definir como lo potencia demandada por un determinado tiempo, en pocas palabras la potencia instalada por horas de consumo, estos análisis se pude realizar para analizar el consumo de energía en un día, semanas, meses o años.

$$\mathbf{Ec} = \sum \mathbf{Pinst} * \mathbf{hr}$$

Donde:

- Ec: Energía consumida
- hr: horas de utilización del equipo
- Pinst: Potencia instalada o potencia aparente de la carga receptora

4.1.5 Potencia fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es obtenida a través de la luz solar, la cual incide en dispositivos tecnológicos y se convierte en electricidad, el proceso descrito es conocido como el efecto fotoeléctrico. Este efecto es un proceso químico por el cual los fotones (partículas lumínicas) liberan electrones cuando inciden en los dispositivos tecnológicos diseñados para captar los fotones. (IBERDROLA, 2022).

Cálculo de suministro de energía

$$\mathbf{E} = \boldsymbol{Et}/\boldsymbol{R}$$

Donde:

Et: Consumo energético

R: Rendimiento global del sistema fotovoltaico

Además:

$$\mathbf{R} = (\mathbf{1} - \boldsymbol{k_b} - \boldsymbol{k_c} - \boldsymbol{k_v}) * (\mathbf{1} - \left(\boldsymbol{k_a} * \boldsymbol{N}/\boldsymbol{P_d}\right))$$

Donde:

Kb: Es el coeficiente de perdidas en la batería

0,05 valor en sistemas donde no se generan descargas profundas

0,1 valor en sistemas donde se generan descargas profundas

Kc: Es el coeficiente de perdidas debida al rendimiento del inversor

0,005 valor en sistemas donde el inversor es de onda pura

0,1 valor en sistemas donde las condiciones no son las optimas

Kv: Es el coeficiente de otras perdidas (efecto joule, transmisión y otros aparatos eléctricos), valores entre 0,05 y 0,15

0,05< Kv< 0,15

Ka: Es el coeficiente de autodescarga diaria de la batería

0,002 valor en baterías con bajo nivel de autodescarga

0,005 valor en baterías del tipo plomo-acido

0,012 valor en baterías con alto nivel de autodescarga

N: Es el valor de los días de autonomía del sistema, valores entre 4 y 10 días; criterio del proyectista

Pd: Es el valor del nivel de descarga diaria de la batería, no debe exceder el 80% de la capacidad nominal

Cálculo de cantidad de paneles solares

$$\mathbf{Np} = \frac{\boldsymbol{E}}{\mathbf{0.9} * \boldsymbol{Wp} * \boldsymbol{HPS}}$$

Donde:

E: Energía necesaria del sistema

Wp: Potencia nominal del panel

HPS: Horas solar pico

Selección del regulador

$$\mathbf{Icf} = \mathbf{1.1} * \boldsymbol{I_{sc}} * \boldsymbol{Na}$$

Donde:

Isc: Corriente de corto circuito (A)

Na: Numero de arreglos del panel

V: tensión nominal de la batería

Cálculo de la capacidad de almacenamiento

$$\mathbf{C} = \frac{\boldsymbol{E} * \boldsymbol{Naut.}}{\boldsymbol{V} * \boldsymbol{Pd}}$$

Donde:

C: Capacidad del banco de baterías (Ah)

E: Energía necesaria del sistema

Naut.: Energía necesaria del sistema

V: tensión nominal de la batería

Pd: Profundidad de descarga

Cálculo de la cantidad de baterías

$$\mathbf{Nb} = \frac{\boldsymbol{C}}{\boldsymbol{Cb}}$$

Donde:

C: Capacidad del banco de baterías (Ah)

Cb: Capacidad nominal

$$\mathbf{Cu} = \mathbf{Cb} * \mathbf{Pdmax}$$

Donde:

Cu: Capacidad disponible

Cb: Capacidad nominal

Pdmax: Profundidad de descarga máxima

4.1.6 Potencia Eólica

Debemos determinar los parámetros de velocidad, densidad, altura y temperatura para determinar el potencial aprovechable, según ello evaluaremos y determinaremos un sistema de optimo para el aprovechamiento eólico en la zona.

Dimensionamiento del sistema

Diámetro del rotor eólico

$$\mathbf{D} = \mathbf{2.5}\sqrt{\frac{\boldsymbol{Pd}}{\boldsymbol{V^3}}}$$

Donde:

Pd: Potencia demandada(W)

V: Velocidad del viento

Área de barrido del rotor

$$\mathbf{A} = \frac{\boldsymbol{\pi x D^2}}{\mathbf{4}}$$

Donde:

D: Diámetro del rotor(m)

Potencia entregada por el viento

$$\mathbf{Pv} = \frac{1}{2}\boldsymbol{\rho A V^3}$$

Donde:

$\boldsymbol{\rho}$: densidad del aire(kg/m3)

A: Área barrida del rotor(m2)

V: Velocidad del viento(m/s)

Potencia del aerogenerador

$$\mathbf{P} = \frac{1}{2}\boldsymbol{\rho A V^3 C_p}$$ **, Cuco(2010)**

Donde:

$\boldsymbol{\rho}$: densidad del aire(kg/m3)

A: Área barrida del rotor(m2)

V: Velocidad del viento(m/s)

Cp:coeficiente de potencia

Regulador de carga

$$\boldsymbol{I_{reg} = \frac{Pr}{Vdc}}$$

Donde:

Pr: Potencia del regulador(W)

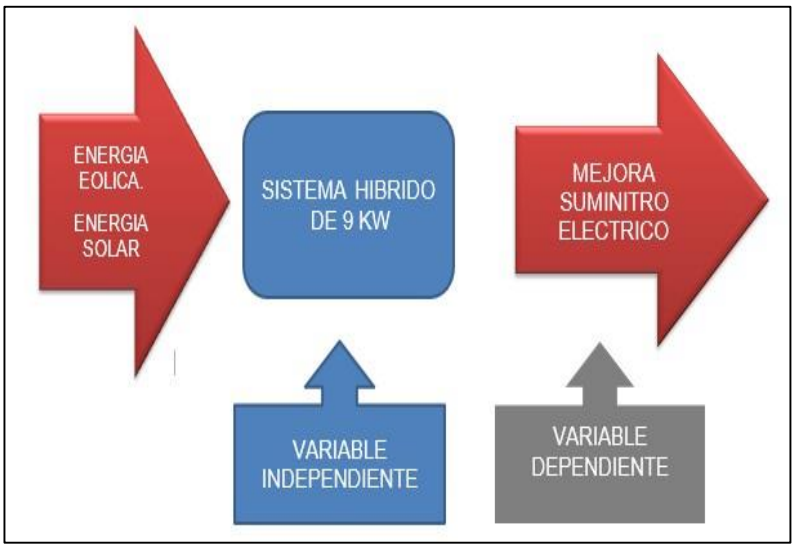
Vdc: Voltaje del regulador(V)

4.2 Método de la investigación

El método usado en esta investigación es el método sistémico; este método nos permite estudiar el objeto mediante la determinación de elementos, relaciones y límites para observar su estructura y dinámica de su funcionamiento. El enfoque sistémico enfrenta el problema en toda su complejidad a través del pensamiento basado en totalidad. (Espinoza ,2014)

La caja negra de los parámetros del sistema Híbrido es comúnmente definida como “un sistema dinámico que muestra un comportamiento dinámico, continuo y discreto”. (Cumbre pueblos.2020).

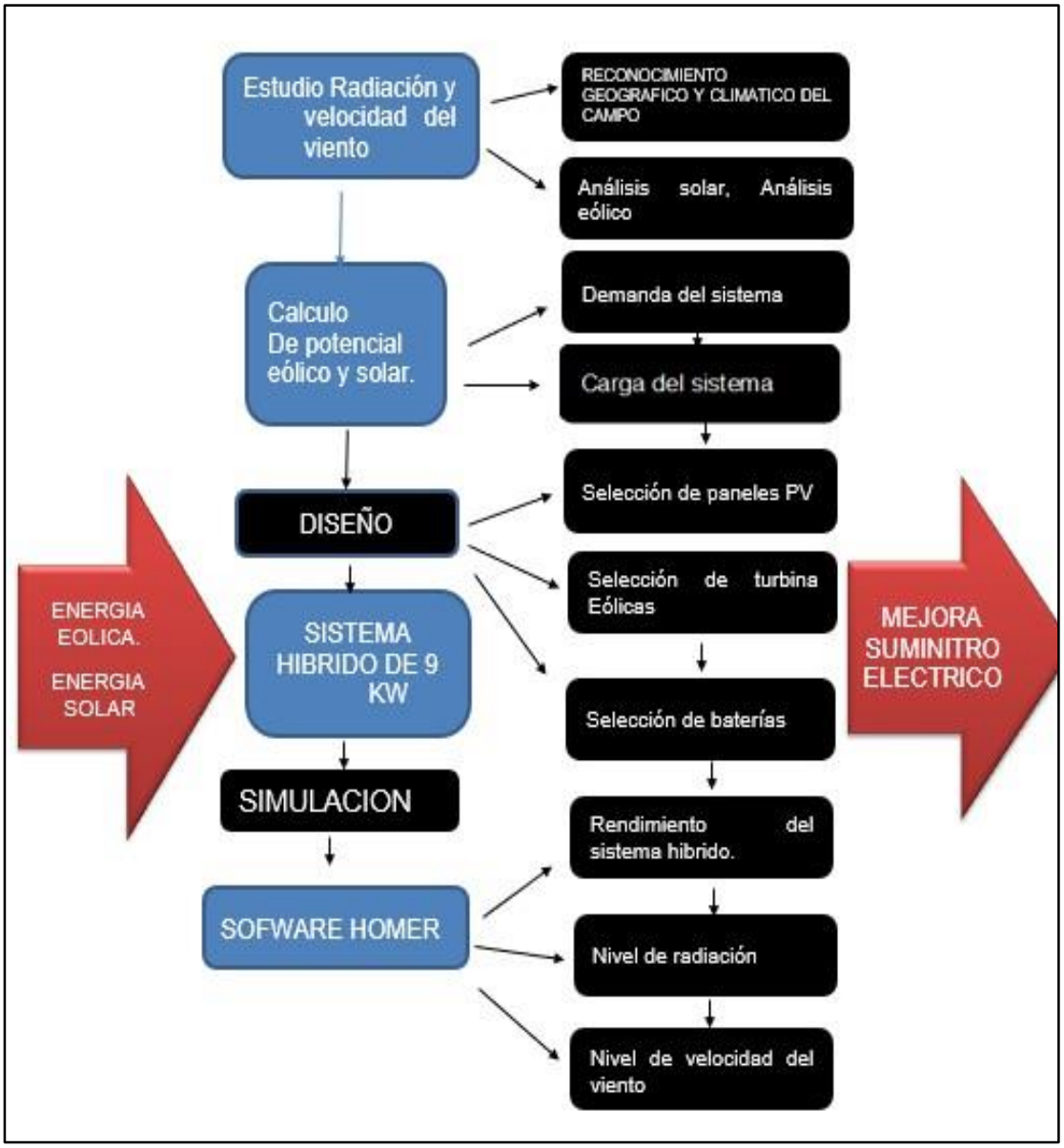
Ilustración 4.3 : Caja Negra



Fuente: elaboración Propia

La caja blanca del diseño de un sistema Hibrido de 9KW busca ser una alternativa muy rentable y favorable para el menor consumo de energía eléctrica comercial es por ello que se desarrolla basándose en especificaciones técnicas de los equipos, del diseño. Que permitan a través de las modelaciones concluir sobre la factibilidad técnica-energética.

Ilustración 4.4: Caja Blanca



Fuente: Elaboración Propia

4.3 Población y muestra

La población es finita y está conformado por 60 viviendas del distrito de Santa Ana de Tusi en Pasco. La muestra está conformada por 60 viviendas, con población de edad promedio entre 10 y 25 años.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El lugar de estudio de la presente tesis es la estación base celular del Distrito Santa Ana de tusi, Daniel Alcides Carrión. departamento de Pasco.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

La técnica documental nos permite realizar la recopilación de evidencias para poder demostrar las hipótesis de investigación. Está conformada por documentos de diferente tipo: revistas, memorias, registros, informes científicos, actas, datos e información estadística, datos e información estadística y cualquier otro documento. (Espinoza , 2014)

Tabla 4.1 : Técnicas e instrumentos

DESCRIPCION	TECNICAS	INSTRUMENTOS
Planteamiento problema	Documental	Ficha bibliográfica Fichas textuales Informes
Marco teórico	Documental	Ficha bibliográfica Fichas textuales Informes
Hipótesis y variables	Documental	Ficha bibliográfica Fichas textuales Informes Fichas de equipos
Diseño metodológico	Documental	Ficha bibliográfica Normativa aplicable Fichas textuales Informes de tesis
Resultados	Documental	Ficha bibliográfica Normativa aplicable Fichas textuales Informes de tesis
	Empírica	Buscador WEB (Programa EWS) Lista de chequeos

4.6 Análisis y procesamiento de datos

La presente tesis no se enfoca en un análisis estadístico, solo se centrara en la recopilación de datos obtenidos en campo para determinar las características del diseño de un sistema Híbrido de 9kw, por lo tanto, no amerita realizar un procesamiento de datos.

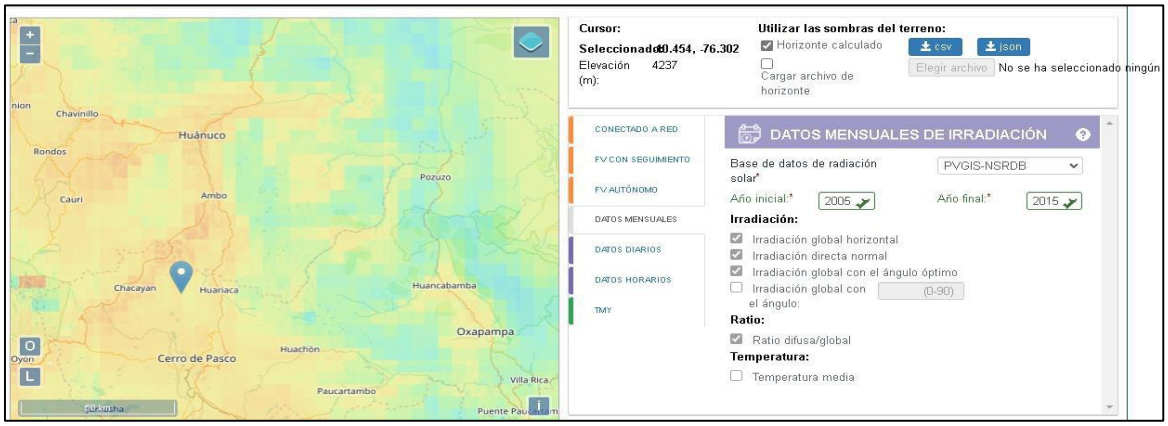
Tabla 4.2 : Tabla de consumo energético de la EBC

CONSUMO DIARIO DE ENERGIA					
ITEM	DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA (kw)	HORAS DIARIAS DE USO	CONSUMO DIARIO (Kwh/dia)	CONSUMO POR MES (Kwh/mes)
1	Equipos de telecomunicacion 1	5	15	75	2250
2	Equipos de telecomunicacion 2	5	17	85	2550
3	Tomacorriente e iluminacion	1	3	3	90
4	Reserva				
TOTAL		11		163	4890

V. RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados de la investigación:

Imagen 5.1 : Datos y ubicación del lugar de investigación



Fuente: Global atlas solar

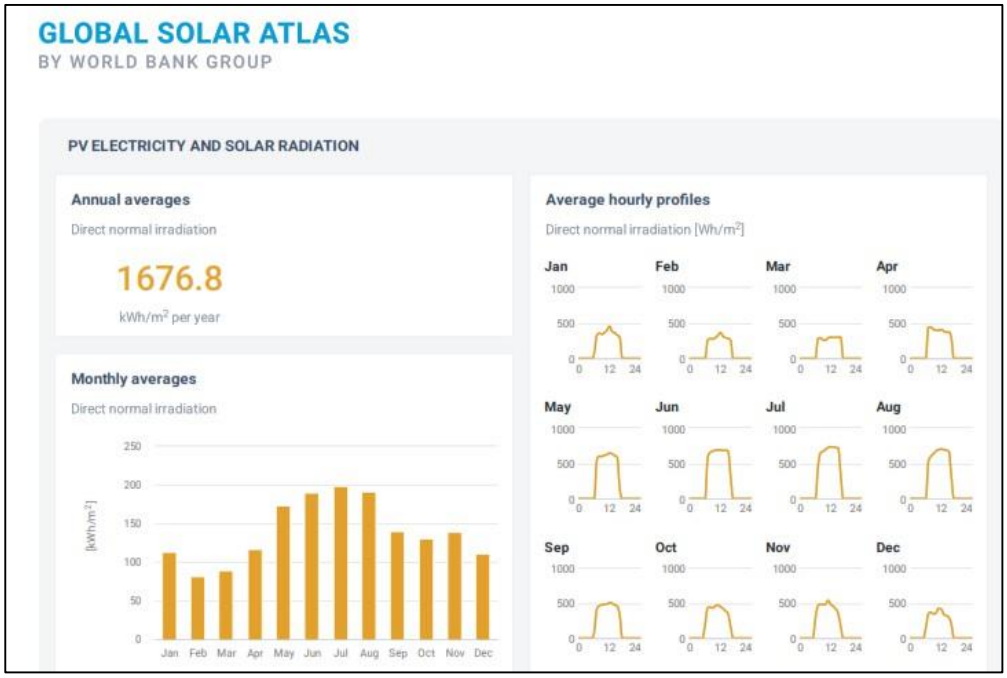
5.1 Resultados descriptivos.

En la presente sección se da a conocer los datos y el análisis obtenido en la presente tesis, se presenta datos relevantes en relación a la problemática y objetivos definidos en las dimensiones definidos desde el suministro eléctrico de la estación base celular.

5.1.1 Nivel de irradiación en Santa Ana de Tusi Pasco

A continuación, presentamos los valores promedio de irradiación solar en la zona de estudio a través del programa GLOBAL ATLAS SOLAR

Imagen 5.2: análisis de irradiación del global atlas solar



Fuente: Obtención de valores promedio anual a través del programa GLOBAL ATLAS SOLAR

Imagen 5.3: análisis de irradiación del global atlas solar

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7	70								86	191	287	148
7 - 8	323	257	279	440	541	575	443	520	414	432	462	347
8 - 9	354	278	291	443	600	653	647	598	461	444	485	371
9 - 10	344	275	261	408	598	674	669	636	475	431	479	346
10 - 11	365	294	258	402	616	683	698	674	487	460	487	361
11 - 12	398	324	290	394	623	689	723	694	487	474	539	423
12 - 13	455	364	300	409	645	693	734	701	509	450	486	415
13 - 14	379	312	298	389	635	681	731	696	497	425	459	342
14 - 15	363	293	295	369	611	687	724	684	475	388	419	323
15 - 16	330	283	300	374	583	671	717	671	457	349	352	297
16 - 17	296	253	299	287	139	320	337	318	324	163	167	206
17 - 18												
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	3677	2933	2871	3915	5590	6327	6423	6193	4672	4205	4621	3579

Fuente: Obtención de valores promedio anual a través del programa GLOBAL ATLAS SOLAR

- Según el programa se tiene un potencial promedio de 1676.8 kwh/año, lo que sería 139.7333 kwh/mes y 4.56 Kw-h/día.

Imagen 5.4 : Análisis de velocidad del viento y potencial eólico.

Fuente: Obtención de valores promedio anual a través del programa GLOBAL ATLAS SOLAR

Imagen 5.5 : valores promedio anuales

Fuente: Obtención de valores promedio anual a través del programa GLOBAL ATLAS SOLAR

- Según el programa se tiene un potencial promedio de 1.7kwh/día, lo que sería 32.8 kwh/mes.

5.2 Resultados inferenciales

5.2.1 Cuadro de cargas

Se muestran datos de lo equipos y consumo energético, realizando análisis de ellos. Por medio de análisis y cálculo se obtendrán resultados a analizar.

Tabla 5.1 : Cuadro de Carga

CUADRO DE CARGAS PARA EL SITE SANTA ANA DE TUSI					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. INSTALADA (KW)	F.D	M.D (KW)
1	Equipos de telecomunicacion 1	1.0	5	0.8	4
2	Equipos de telecomunicacion 2	1.0	5	0.8	4
3	Tomacorriente e iluminacion	1.0	1	0.5	0.5
4	Reserva	1.0	1	0.5	0.5
Maxima demanda total (KW)					9
POTENCIA CONTRATADA (KW)					9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.2 : Consumo energético

CONSUMO DIARIO DE ENERGIA					
ITEM	DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA (kw)	HORAS DIARIAS DE USO	CONSUMO DIARIO (Kwh/dia)	CONSUMO POR MES (Kwh/mes)
1	Equipos de telecomunicacion 1	5	15	75	2250
2	Equipos de telecomunicacion 2	5	17	85	2550
3	Tomacorriente e iluminacion	1	3	3	90
4	Reserva				
TOTAL		11		163	4890

Fuente: Elaboración propia

- Según el sistema vamos a suplir la demanda de energía con un porcentaje de generación fotovoltaica y generación eólico

Tabla 5.3: Balance de energía necesaria

Energía	Kw-h(mes)	kW-h(día)	porcentaje
Solar	*2934*	*97.8*	*60%*
Eólica	*1956*	*65.2*	*40%*
Total	*4890*	*163*	*100%*

Fuente: Elaboración propia

- Según cuadro de porcentaje, la demanda de energía fotovoltaica será de 97.8kw-h/día

5.2.2 Cálculo de potencia fotovoltaica necesaria:

Cálculo de suministro de energía

$$E = Et/R \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

Cálculo del rendimiento global

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) * (1 - (k_a * N/P_d))$$

$$R = (1 - 0.1 - 0.005 - 0.1) * (1 - (0.012 * 2/0.7))$$

$$R = 0.8$$

Reemplazando en (1)

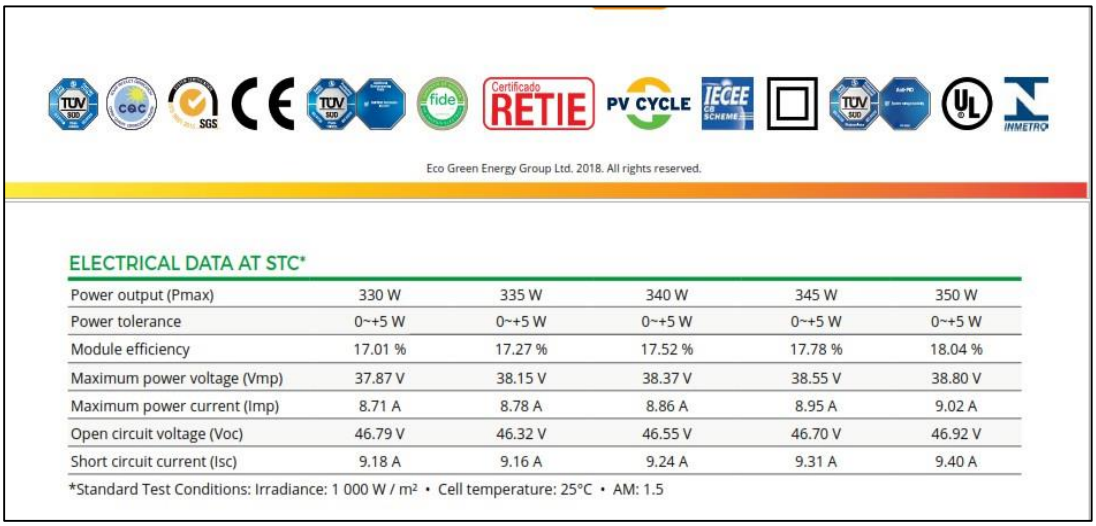
$$E = 97800wh/0.8$$

$$E = 122,250.00\ wh$$

Analizando la cantidad energía necesaria seleccionaremos un panel de 350Wp, con un sistema de 48v.

A continuación, mostramos la ficha técnica del panel fotovoltaico seleccionado

Imagen 5.6: ficha técnica de PV.



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.

ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	330 W	335 W	340 W	345 W	350 W
Power tolerance	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W
Module efficiency	17.01 %	17.27 %	17.52 %	17.78 %	18.04 %
Maximum power voltage (Vmp)	37.87 V	38.15 V	38.37 V	38.55 V	38.80 V
Maximum power current (Imp)	8.71 A	8.78 A	8.86 A	8.95 A	9.02 A
Open circuit voltage (Voc)	46.79 V	46.32 V	46.55 V	46.70 V	46.92 V
Short circuit current (Isc)	9.18 A	9.16 A	9.24 A	9.31 A	9.40 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

Fuente: AUTO SOLAR

5.2.3 Cálculo de cantidad de paneles

$$\mathrm{Np} = \frac{E}{0.9 * Wp * HPS}$$

$$\mathrm{Np} = \frac{122{,}250.00}{0.9 * 350 * 4.56}$$

$$\mathrm{Np} = 85.109$$

Se requerirán 86 paneles para poder abastecer la demanda de energía.

Para cumplir con el diseño, se realizarán arreglos de 2 en serie, teniendo 43 arreglos de paneles en paralelo.

5.2.4 Selección del regulador de carga

$$\mathrm{Icf} = 1.1 * I_{sc} * Na$$

De la ficha técnica del panel fotovoltaico, tomamos el valor de la corriente de corto circuito, analizando:

Isc= 9.4A

Reemplazando en la formula

$$\mathrm{Icf} = 1.1 * 9.4 * 43$$

$$\mathrm{Icf} = 440.011\ \mathrm{A}$$

Seleccionamos un inversor para el sistema, considerando que el diseño será de 48V.

$$Pinv = I * V$$

$$Pinv = 440.011 * 48$$

$$Pinv = 21.12\ Kw$$

- Seleccionamos 2 inversores marca Quattro de 12Kw y 200 A, modelo 48/15000/200-100/100.

Imagen 5.7 : ficha técnica del inversor

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Sí				
Conmutador de transferencia integrado	Sí				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25ºC (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40ºC (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65º C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	45 / 50	55	80
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	30 / 30	35	50
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	10 / 20	20	30
CARGADOR					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
GENERAL					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm.² (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	45	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344

Fuente: AUTO SOLAR

5.2.5 Calculo de la capacidad de almacenamiento

$$C = \frac{E * Naut.}{V * Pd}$$

Considerando que nuestro sistema es de 48v, analizando:

$$C = \frac{122,250.0 * 2.}{48 * 0.7}$$

$$C = 7276.786\ Ah$$

Seleccionamos una batería de 12v y 300Ah de capacidad.

Imagen 5.8 :ficha técnica de la batería de litio.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

BATTERY MODEL	Nominal voltage		12V	
	Rated capacity (100 hour rate)		300Ah	
	Cells Per battery		6	
DIMENSION	Length	Width	Height	Total Height
	520 mm	268 mm	220 mm	225 mm
APPROX. WEIGHT	67.0 kg ± 3%			
CAPACITY @ 25°C	10 hour rate (25.0A)	5 hour rate (43.7A)	3 hour rate (66.2A)	1 hour rate (161.5A)
	250.0 Ah	218.7 Ah	198.7 Ah	161.5 Ah
MAX. DISCHARGE CURRENT	2000 A (5 sec.)			
INTERNAL RESISTANCE	Full charged Vat 25°C: Approx. 2.0mΩ			
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	40°C	25°C	0°C	
	103%	100%	86%	
CHARGE METHOD @25°C	Cycle Use		Standby Use	
	14.4-15.0V (Initial charging current less than 27A)		13.50-13.80V	

BATTERY DISCHARGE TABLE

Fuente: AUTO SOLAR

Determinamos la cantidad de baterías para el banco

$$Nb = \frac{C}{Cb}$$

$$Nb = \frac{7276.786\ Ah}{300Ah}$$

$$Nb48v = 24.25$$

Se emplearán 24 grupos de baterías en un sistema de 48V, considerando que las baterías son de 12 v.

$$\mathrm{Nb12v} = \mathrm{Nb48v} * 4$$

$$\mathrm{Nb12v} = 24 * 4$$

$$\mathrm{Nb12v} = 96$$

El banco de baterías estará conformada por 96 baterías, en 24 grupos de 4 baterías conectadas en serie.

5.2.6 Cálculo de potencia eólica:

Dimensionamiento del sistema

Diámetro del rotor eólico

$$D = 2.5\sqrt{\frac{Pd}{V^3}}$$

$$D = 2.5\sqrt{\frac{3000}{3.2^3}}$$

$$D = 23.92\text{m}$$

Área de barrido del rotor

$$A = \frac{\pi x D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi x 23.92^2}{4}$$

$$A = 449.4m2$$

Potencia entregada por el viento

$$\mathrm{Pv} = \frac{1}{2}\rho A V^3$$

$$\mathrm{Pv} = \frac{1}{2} * 1.15 * 449.4 * 3.3^3$$

$$\mathrm{Pv} = 8.5\mathrm{Kw}$$

Potencia del aerogenerador

$$\mathrm{P} = \frac{1}{2}\rho A V^3 C_p$$

$$\mathrm{P} = \frac{1}{2} * 1.15 * 539.3 * 3.3^3 * 0.59$$

$$\mathrm{P} = 4.99kw$$

Según el cálculo se necesita una turbina similar para obtener dicha potencia del viento considerando el coeficiente de aprovechamiento máximo, además de la velocidad del viento del lugar y densidad del aire.

De acuerdo a sus especificaciones analizaremos un equipo que cumpla con lo requerido.

Imagen 5.9: ficha técnica de la turbina eólica

El modelo	AH-10KW
Diámetro del rotor (m)	7.78
Material de la hoja y Cant.	El FRP *3
La potencia nominal (kW).	10
Calificó la velocidad del viento(m/s)	11
Velocidad de rotación nominal(r/min).	180
Modelo de generador	3-phase PMG
Trabajar la velocidad del viento (m/s)	3-30
La puesta en marcha la velocidad del viento (m/s)	2.5
La supervivencia la velocidad del viento(m/s)	60
La tensión nominal(CC)	400
Método de regulación de velocidad	Control de tono
Método de respuesta de viento	Hasta el viento
Método Stop	El freno automático
Protección de la Gale	Smart Control+desatendido
Peso (kg)	550
Nivel de ruido (dB)	≤65
La altura de la torre (m)	≥ 12
Modelo de Torre	Torre de tilt-up
La temperatura de trabajo	-20ºC~+50ºC

Fuente: WIND SOLAR

5.2.7 Calculo y selección de la turbina de aire

Según el programa ENAIR, tenemos una velocidad promedio de 2.5m/s y una velocidad de 4m/s según el atlas eólico, para el análisis se utilizara la velocidad media de 3.3 m/s.

De la ficha técnica y datos obtenidos, realizamos el calculo:

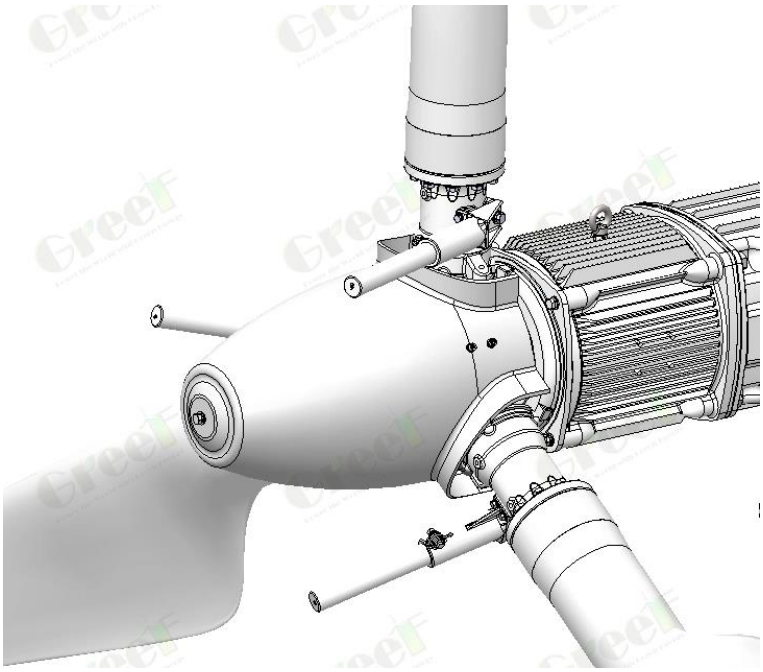
$$\mathrm{P} = \frac{1}{2}\rho A V^3 C_p$$

$$\mathrm{P} = \frac{1}{2} * 1.15 * \frac{\pi * 7.78^2}{4} * 3.3^3 * 0.59$$

$$\mathrm{P} = 580\mathrm{W}$$

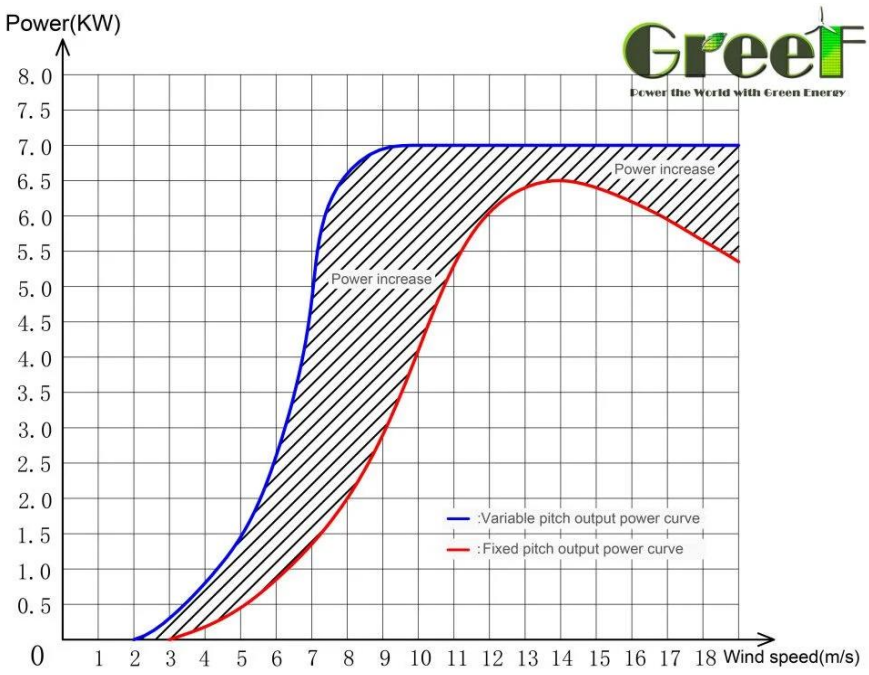
Con la turbina seleccionada obtenemos una energía promedio de 8.7Kwh/dia.

Imagen 5.10: Esquema de la turbina eólica



Fuente: WIND SOLAR

Imagen 5.11: Curva de operatividad de la turbina



Fuente: WIND SOLAR

Regulador de carga

$$I_{reg} = \frac{Pr}{Vdc}$$

$$I_{reg} = \frac{3000}{48}$$

$$I_{reg} = 62.5A$$

Seleccionamos un regulador con capacidad mínima de 70 A y tensión de operación de 48V.

5.2.8 Cálculo de indicadores

5.2.8.1 Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{horas\ de\ op.de\ la\ EBC - horas\ de\ \ inop.}{horas\ de\ op.de\ la\ EBC}\%$$

Imagen 5.12: Porcentaje de cortes de energía en el ámbito rural y urbano

Cuadro Nº 4.3
PERÚ: HOGARES QUE EN EL MES ANTERIOR HAN TENIDO INTERRUPCIONES O CORTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, SEGÚN ÁMBITO GEOGRÁFICO, 2014 - 2019
(Porcentaje)

Ámbito geográfico	Año						Variación porcentual (2019 - 2018)
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Nacional	**46,0**	**42,2**	**41,9**	**44,3**	**39,5**	**39,0**	**-0,5**
Urbano	45,1	40,5	39,7	42,0	36,6	36,4	-0,2
Rural	48,7	47,8	49,1	51,9	49,4	48,4	-1,0
Región natural							
Costa	39,1	33,0	31,8	35,4	28,7	29,8	1,1
Sierra	53,6	52,5	52,0	53,9	51,1	48,3	-2,8
Selva	55,7	54,5	59,3	57,5	56,0	55,3	-0,7

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestales, 2014 - 2019.

Gráfico Nº 4.8
PERÚ: HOGARES QUE EN EL MES ANTERIOR HAN TENIDO INTERRUPCIONES O CORTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, 2014 - 2019
(Porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestales, 2014 - 2019.

Fuente: INEI

- Se podría considerar que, debido a las interrupciones del fluido eléctrico, se tiene un porcentaje de indisponibilidad promedio.
- Para disminuir esa indisponibilidad se realiza el diseño de un sistema Híbrido que reducirá los tiempos de interrupciones.

Calculando la disponibilidad sin respaldo energético:

$$\boldsymbol{Disponibilidad(s.Sist.H) = \frac{720h - 120h}{720h}}$$

$$\boldsymbol{Disponibilidad(s.Sist.H) = 83.33\%}$$

Calculando la disponibilidad con respaldo energético:

- El sistema Híbrido cubre la demanda de 112.5kwh/día, frente a la demanda de 163 kwh/día. Cubriendo el 69.1% de la demanda total de la EBC.
- Con esta capacidad de suplir energía podemos mejora la disponibilidad de la estación base celular.

$$\boldsymbol{Disponibilidad(c.Sist.H) = \frac{720h - 36h}{720h}}$$

$$\boldsymbol{Disponibilidad(c.Sist.H) = 95\%}$$

- Este sistema mejoraría las horas de operatividad en casi 70%, mejorando la disponibilidad de la EBC hasta 95%.

5.2.8.2 Continuidad

Imagen 5.13: tabla de indicadores

Ítem	Aspecto de la Calidad	Evalúa	Indicador	Tolerancias	Sanciones/ Compensación
1	Calidad de Producto	La calidad de tensión	ΔVk(%) (%de desviación de la tensión nominal)	Nivel tensión: BT ±7.5%Vn; MT ±6%Vn ($\%\ V_{nominal}$)	Pago de Compensación
2	Calidad de Suministro	La continuidad del servicio eléctrico	NIC (Número de interrupciones Promedio por cliente) DIC (Duración ponderada acumulada de interrupciones por cliente)	Nivel tensión: MT NIC 07 DIC 17 (SDT 4) / NIC 07 DIC 28 (SDT 5, E y SER); BT NIC 10 DIC 25 (SDT 4) / NIC 10 DIC 40 (SDT 5, E y SER)	Pago de Compensación
3	Calidad de Servicio Comercial	Trato al Cliente	Plazos máximos de atención	- Solicitudes de nuevos suministros - Reconexiones - otros	Sanción
		Medios a disposición del Cliente	Requerimientos mínimos exigidos	- Facturas claras y correctas - Registro de reclamaciones - Centros de atención	Sanción
		Precisión de la Medida de la energía facturada	Sd (%) (% Suministros con deficiencias en el sistemas de medición	5%	Sanción
4	Calidad de Alumbrado Publico	La operatividad del AP	n (%) (Índice de lámparas apagadas)	2%	Sanción

Fuente: Osinergmin

Imagen 5.14: Horas de cortes de energía en el ámbito rural y urbano

Cuadro Nº 4.5
PERÚ: HOGARES QUE EN EL MES ANTERIOR HAN TENIDO INTERRUPCIONES O CORTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR TIEMPO PROMEDIO QUE DURÓ LA ÚLTIMA INTERRUPCIÓN O CORTE, SEGÚN ÁMBITO GEOGRÁFICO, 2014 - 2019
(Horas)

Ámbito geográfico	Tiempo (Horas)						Variación (2019 - 2018)
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Nacional	**10**	**12**	**9**	**12**	**10**	**11**	1
Urbano	6	6	6	8	6	7	1
Rural	22	28 a/	18	23	19	21	2
Región Natural							
Costa	6	7	7	11	7	8	1
Sierra	15	15	12	14	13	13	0
Selva	10	18 a/	8	9 a/	9	10	1

a/ Los resultados son considerados referenciales porque el número de casos en la muestra para este nivel no es suficiente y presentan un coeficiente de variación mayor al 15%.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestales, 2014 - 2019.

Gráfico Nº 4.12
PERÚ: HOGARES QUE EN EL MES ANTERIOR HAN TENIDO INTERRUPCIONES O CORTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR TIEMPO PROMEDIO QUE DURÓ LA ÚLTIMA INTERRUPCIÓN O CORTE, 2014 - 2019
(Horas)

Nota: El tiempo que duró la última interrupción o corte se expresa en horas.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestales, 2014 - 2019.

Fuente: INEI

$$NIC = \frac{\sum cantidad\ de\ clientesa\ afectados}{cantidad\ total\ de\ clientes}$$

$$DIC = \frac{\sum(\ cantidad\ de\ clientes\ afectadosxdixk)}{cantidad\ total\ de\ clientes}$$

Calculados parámetros sin respaldo eléctrico:

$$NIC = \frac{1200}{180}$$

$$NIC = 7$$

$$DIC = \frac{3900}{180}$$

$$DIC = 21$$

Analizando los parámetros de continuidad utilizando el sistema Híbrido, obtenemos los siguientes valores:

$$NIC = \frac{920}{180}$$

$$NIC = 5$$

$$DIC = \frac{3240}{180}$$

$$DIC = 18$$

5.2.8.3 Eficiencia

El consumo de energía eléctrica convencional inicial es de 4890 Kwh/mes, el consumo de energía eléctrica del sistema hibrido es de 2934 Kwh/mes reduciendo el consumo de la red

Con ello se tendría un consumo de energía eléctrica de la red de 1956 Kwh/mes, pudiéndose obtener un ahorro energético y por ende mejorando la eficiencia energética en el sistema.

Al utilizar el sistema convencional de generación se generan costos de pago por consumo eléctrico y mantenimiento de equipos.

Con el sistema convencional la EBC tiene un gasto promedio de S/. 92000 anuales. Incluidos gastos de energía y mantenimiento.

Con el sistema hibrido genera un gasto de inversión de S/. 131851.75, el cual según el análisis de retorno de inversión al cabo de 12 años se recupera dicha inversión. Generando una eficiencia en el costo del suministro eléctrico.

$$Consumo\ de\ la\ red = 4890\ Kwh/mes$$

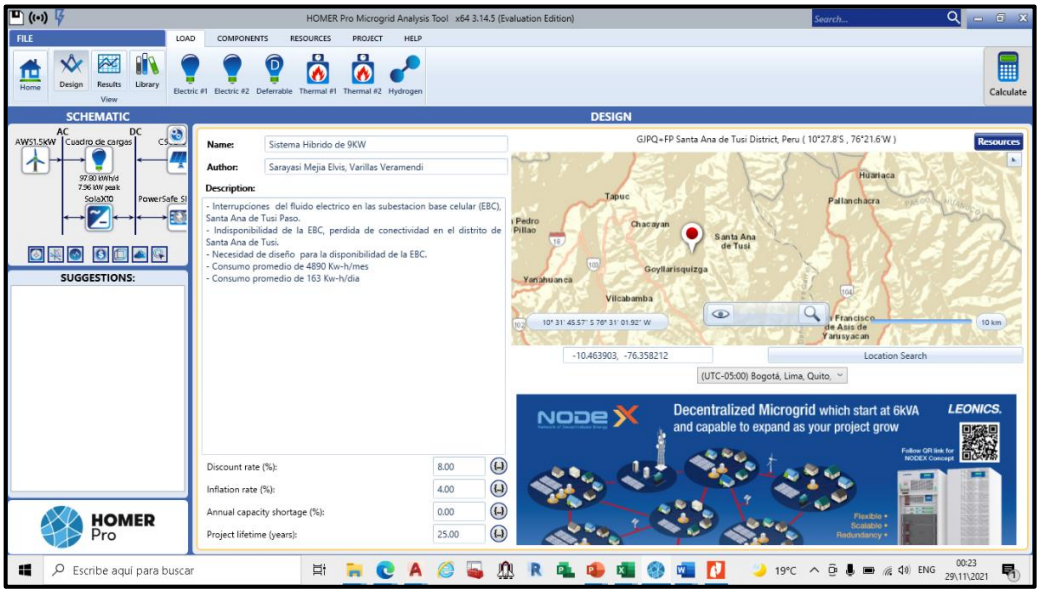
$$Consumo\ de\ la\ red\ con\ sistema\ hibrido = 1956\ Kwh/mes$$

$$Ahorro\ energetico\ = 2934\ Kwh/mes$$

5.2.9 Simulación de parámetros y capacidad de generación en Software HOMERO Pro

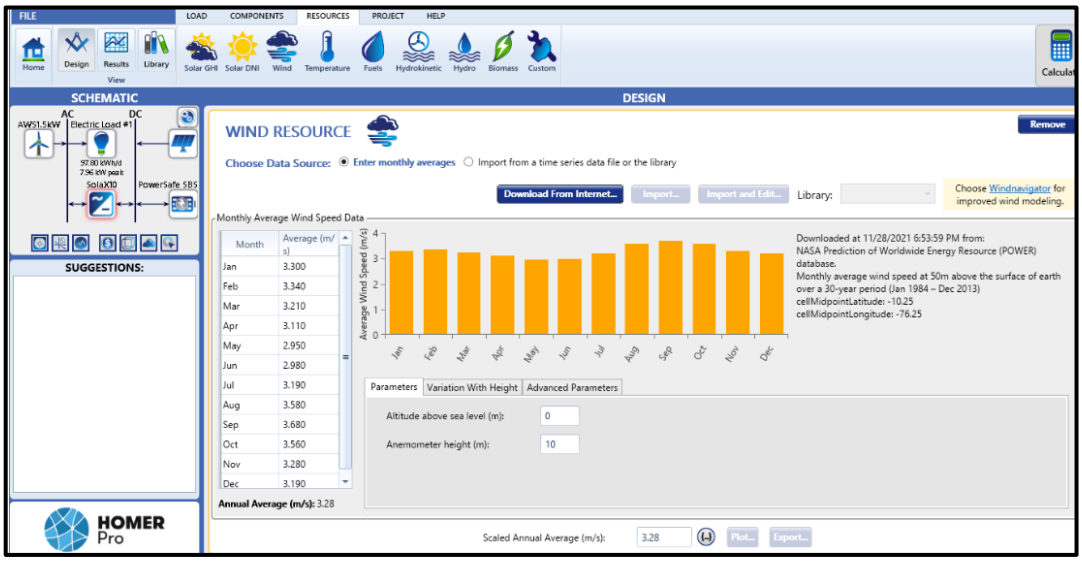
A continuación, mostramos los resultados del análisis de parámetros y datos con el Software HOMERO Pro.

Imagen 5.15: Ingreso de coordenadas y datos del proyecto al software HOMER PRO



Fuente: Software HOMER Pro

Imagen 5.16: Análisis promedio de irradiación solar anual

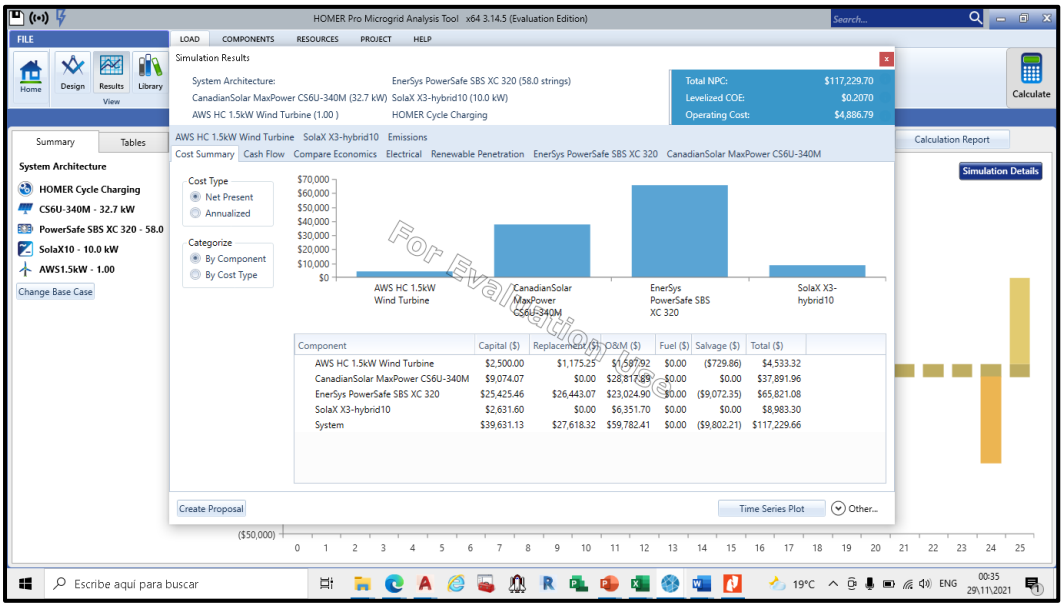


Fuente: Software HOMER Pro

Imagen 5.17: Análisis de cuadro de cargas y energía

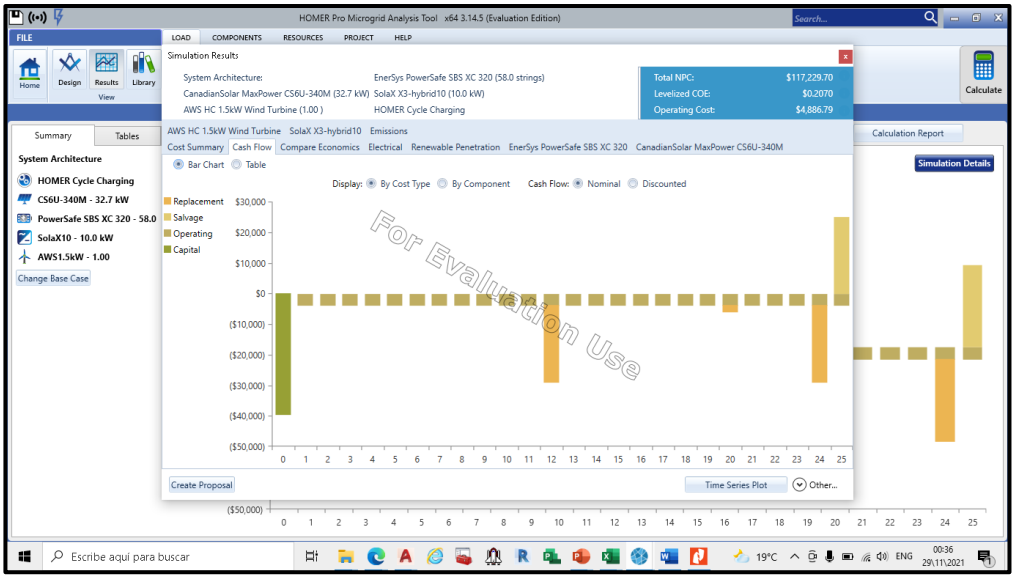
Fuente: Software HOMER Pro

Imagen 5.18: Resultados de simulación



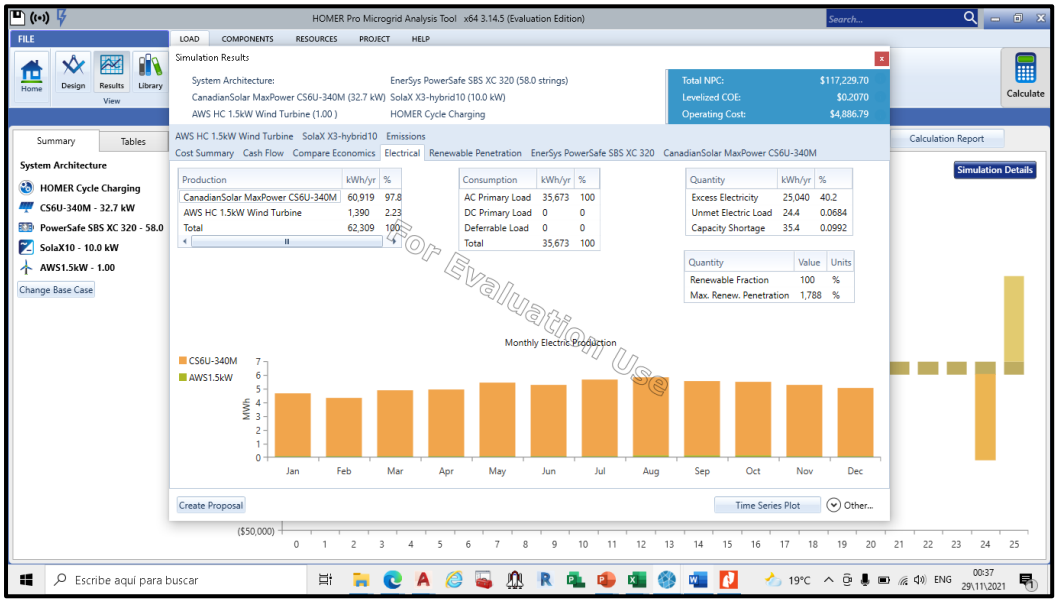
Fuente: Software HOMER Pro

Imagen 5.19: Resultados de simulación



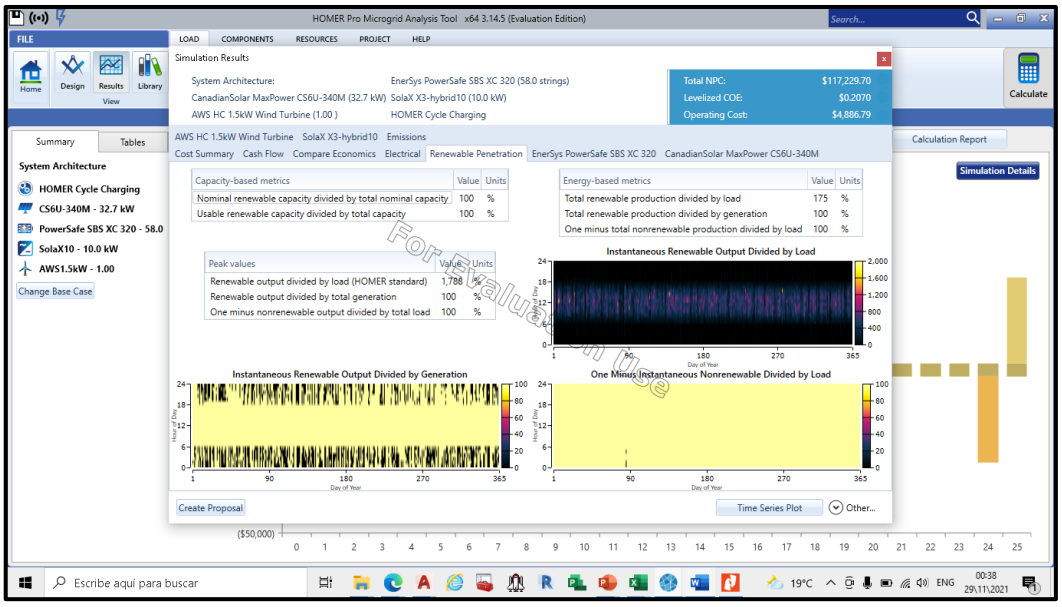
Fuente: Software HOMER Pro

Imagen 5.20: Resultados de simulación



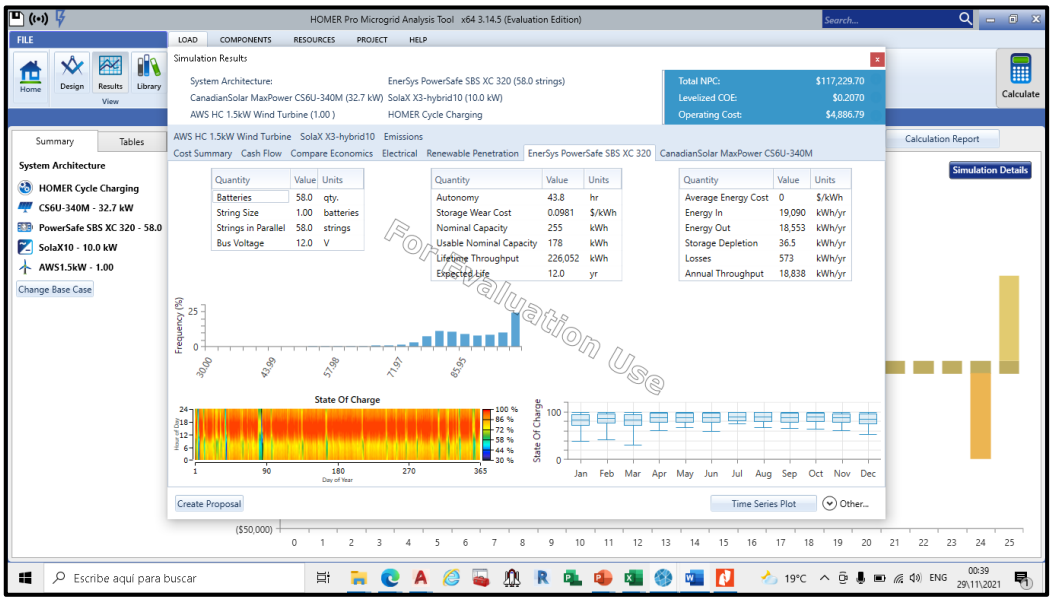
Fuente: Software HOMER Pro

Imagen 5.21: Resultados de simulación



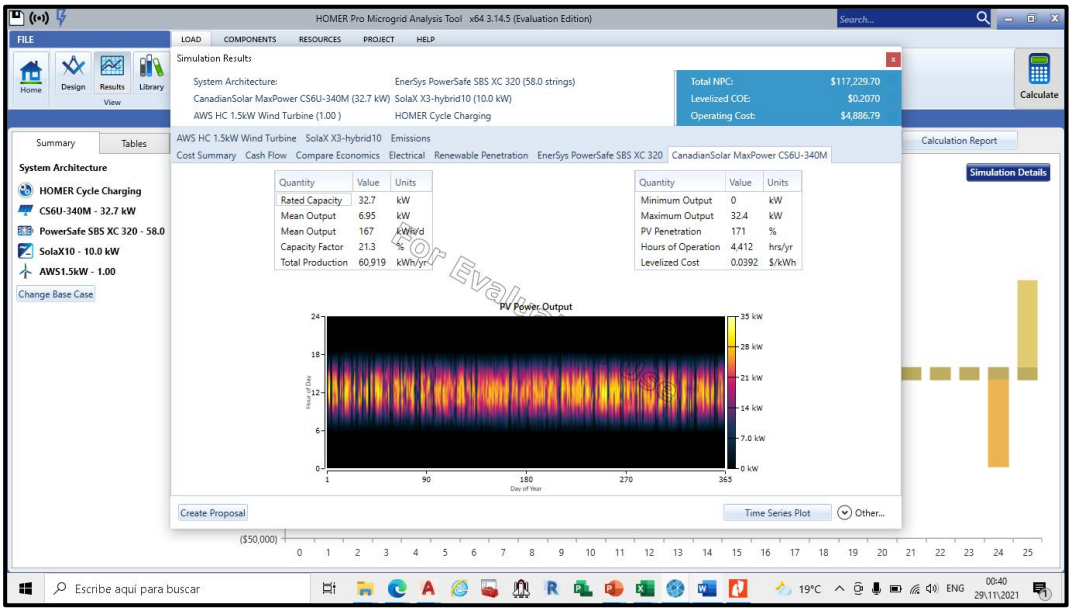
Fuente: Software HOMER Pro

Imagen 5.22: Resultados de simulación



Fuente: Software HOMER Pro

Imagen 5.23: Resultados de simulación



Fuente: Software HOMER Pro

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

a) HIPOTESIS N°1

Tabla 6.1: Resultados de la hipótesis N° 1

PROBLEMA	¿De qué manera un sistema hibrido de 9 kW puede mejorar la disponibilidad del suministro eléctrico de una estación base celular?
HIPOTESIS	Con el diseño de sistema hibrido de 9KW se logra mejorar la disponibilidad del suministro eléctrico de una estación base celular.
RESULTADO	Se realizo el diseño de un sistema hibrido de 9KW mejorando la disponibilidad del suministro eléctrico de la estación base celular.

b) HIPOTESIS N°2

Tabla 6.2: Resultados de la hipótesis N° 2

PROBLEMA	¿De qué manera un sistema hibrido de 9 kW puede mejorar la continuidad del suministro eléctrico de una estación base celular?
HIPOTESIS	Realizando el diseño de un sistema hibrido de 9KW se logra mejorar la continuidad del suministro eléctrico de una estación base celular.
RESULTADO	El diseño del sistema hibrido de 9Kw logro mejorar la continuidad del suministro eléctrico de la estación base celular.

c) HIPOTESIS N°3

Tabla 6.3: Resultados de la hipótesis N° 3

PROBLEMA	¿De qué manera un sistema hibrido de 9 kW puede mejorar la eficiencia del suministro eléctrico de una estación base celular?
HIPOTESIS	Con el diseño de un sistema hibrido de 9Kw se logra mejorar la eficiencia del suministro eléctrico de la estación base celular.
RESULTADO	El diseño del sistema hibrido de 9Kw logro mejorar la eficiencia de la estación base celular.

6.2 Contrastación de resultados con estudios similares

Tabla 6.4: Contrastación de resultados de la investigación

TESIS DE GRADO	DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO DE 9KW PARA MEJORAR EL SUMINSTRO ELECTRICO DE UNA EBC DISTRITO DE TUSI, PASCO	DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO SOLAR EOLICO PARA EL SOPORTE DE TELECOMUNICACIONES EN EL CERRO GIRASOLES DEL EJERCITO DE COLOMBIA
OBJETIVO GENERAL	Determinar cómo el diseño de un sistema híbrido de 9 kW mejora el suministro eléctrico de una EBC, del distrito de Tusi, Pasco 2021.	Diseñar un sistema hibrido (solar eólico) que permita garantizar el sistema de telecomunicaciones de voz, video y datos en el cerro Girasoles del ejército de Colombia.
DESCRIPCION	Proponer el diseño de un sistema hibrido de 9 kW para mejorar el suministro eléctrico de una estación base celular, mediante el aprovechamiento del RNR propio del lugar. Mejorando así la calidad del suministro eléctrico.	Proponer un diseño de sistema hibrido que permita garantizar el respaldo eléctrico para mantener la operatividad el sistema de telecomunicaciones del ejército de Colombia.
DISEÑO	SISTEMA HIBRIDO DE 9KW	SISTEMA HIBRIDO EOLICO SOLAR PARA EL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES
RESULTADOS	-Se realizo el diseño de un sistema hibrido de 9KW mejorando la disponibilidad del suministro eléctrico de la estación base celular. -El diseño del sistema hibrido de 9Kw mejoro la continuidad del suministro eléctrico de la estación base celular. -El diseño del sistema hibrido de 9Kw logro mejorar la eficiencia de la estación base celular.	- Se dio a conocer la importancia que representa las energías renovables y utilidad de solucionar un problema de suministro eléctrico. - El viento es considerado un recurso energético económico y seguro, debido a los avances tecnológicos. - Se determinó las condiciones técnicas ambientales en el Cerro Girasoles, se pudo evidenciar que cuentan con los parámetros mínimos para el funcionamiento del sistema de energía hibrido.

CONCLUSIONES

- Se realizo el diseño de un sistema hibrido de 9KW mejorando la disponibilidad del suministro eléctrico de la estación base celular en 11.7%, obteniendo una disponibilidad de 95% en comparación al 83,3% disponible inicialmente.
- Con el diseño de sistema hibrido se logró mejorar la continuidad del suministro eléctrico de la estación base celular, disminuyendo la NIC y DIV a 5hr y 18 hr respectivamente.
- Con el diseño del sistema hibrido se logró mejorar la eficiencia del suministro eléctrico de la estación base celular, lograndose un ahorro energético promedio mensual de 2934 Kwh/mes.

RECOMENDACIONES

- La explotación de recursos renovables deber tener mayor desarrollo en la electrificación rural de zonas que no cuentan con acceso a la electricidad.
- Se debe fomentar el uso de recursos renovables para poder generar electricidad en distritos y pueblos que no cuenten con acceso a la electricidad.
- Se debe fomentar el uso de energías Renovables para el suministro eléctrico de las estaciones base celulares puesto que estas estaciones mayormente diseñan en lugar de difícil acceso, y para lograr la conectividad son diseñadas en lugares altos con una línea de vista global hacia el lugar o distrito que desean brindar cobertura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Ali Mubarak, 2019.** *Diseño de un sistema de energía fotovoltaica/ eólica /diesel.2019.*
2. **Osinergmin, 2011**. *Código Nacional de electricidad. Suministro 2011.*
3. **Renovetec,2019**. 14-*revista-irim-6/304.*
4. **Osinergmin 2014***.Calidad del servicio eléctrico.*
5. **Energía y Sociedad 2000**. Calidad del suministro.
6. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#
7. https://globalsolaratlas.info/map
8. https://www.pruebas.enair.es/eConApp/
9. https://autosolar.pe/
10. https://www.panelsolarperu.com/?gclid=Cj0KCQjwyt-ZBhCNARIsAKH1174E3aqddON2seR21FU6IttFAr8bfUxj2pqPVjKMj2n-tl-GYBk9dYkaAqKvEALw_wcB

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Anexo2. Estudio de Factibilidad del Diseño

Anexo 3 Simulaciones de software solar y eólico

Anexo 4. Fichas técnicas de los equipos del diseño hibrido

Anexo 5. Planos de diseño hibrido

Anexo 6. Simulaciones de software de modelamiento energético (HOMER)

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			METODOLOGIA
				X: INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	
Diseño de un sistema híbrido de 9 kw para mejorar el suministro eléctrico de una EBC, del distrito de Tusi, pasco 2021	¿De qué manera el diseño de un sistema híbrido de 9 kw mejora el suministro eléctrico de una EBC, del distrito de Tusi, Pasco 2021?	Determinar cómo el diseño de un sistema híbrido de 9 kw mejora el suministro eléctrico de una EBC, del distrito de Tusi, Pasco 2021.	El diseño de un sistema híbrido de 9 kw mejora el suministro eléctrico de una EBC, del distrito de Tusi, pasco 2021.	• DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO DE 9KW	* Fuentes de energía eólica-solar del lugar a diseñar * Componente del sistema de * Acondicionamiento y control de	Potencial Eólico(Kw)Potencial Fotovoltaico (KwP) Tecnología de celda y módulo utilizada. Selección de controladores de carga	UNIDAD DE ANALISIS : Enfoque : sistemico
PROBLEMAS ESPECÍFICOS:		**OBJETIVOS ESPECIFICOS**	**HIPÓTESIS ESPECIFICAS**	**Y : DEPENDIENTE**	**DIMENSIONES**	**INDICADORES**	
¿De que manera un sistema hibrido de 9 kw puede mejorar la disponibilidad del suministro electrico de una estacion base celular?		Determinar un sistema hibrido de 9 KW para mejorar la disponibilidad del suministro electrico de una estacion base celular	Un sistema hibrido de 9 kw mejora la disponibilidad del suministro electrico de una estacion base celular.	* Suministro eléctrico de una EBC	DISPONIBILIDAD DEL SUMINISTRO ELECTRICO	Topologia de redes de distribucion electrica, tipos de distribucion eletrica, la acometida, partes de la acometida y tipo de conexion.	Tipo de investigacion: Tecnologico Nivel de investigacion : Descriptiva Diseño: descriptivo comparativo
¿De que manera un sistema hibrido de 9 kw puede mejorar la continuidad del suministro electrico de una estacion base celular?		Determinar un sistema hibrido de 9kw para mejorar la continuidad del suministro electrico de una estacion base celular	Un sistema hibrido de 9kw mejora la continuidad del suministro electrico de una estacion base celular.		CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO ELECTRICO	disponibilidad energetica y demanda energetica	
¿ De que manera una sistema hibrido de 9 kw puede lograr la eficiencia del suministro electrico de una estacion base celular?		Determinar un sistema hibrido de 9 kw para lograr la eficiencia del suministro electrico de una estacion base celular	Un sistema hibrido de 9 kw logra la eficiencia del suministro electrico de una estacion base celular		EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELECTRICO	Factor de Carga : en cual se define como el ratio entre la carga o demanda promedio y la carga o demanda maxima durante el periodo analizado. Costo de energia por potencia o capacidad instalada,KWH./USD, costo de energia de la red comercial.	

Control del Presupuesto - Diseño de un sistema hibrido de 9 kw para mejorar el suministro eléctrico de una EBC del distrito de Tusi, Pasco 2021

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
1	Panel fotovoltaico 350W policristalino EGE-330-350P-72	und	86	S/ 580.70	S/ 49,940.20
2	Bateria Tensite Gel 12v 300ah	und	96	S/ 1,350.00	S/ 129,600.00
3	Inversor PV3500-10k series 48v-10Kw	und	2	S/ 19,600.00	S/ 39,200.00
4	Generador eolico AH- 10KW	und	1	S/ 24,500.00	S/ 24,500.00
5	Controlador de carga de 48v-5Kw	und	1	S/ 2,900.00	S/ 2,900.00
6	Estructura para soporte de panel tubo 2"x2"	kg	24	S/ 60.00	S/ 1,440.00
7	Tablero electrico / autosoportado	und	1	S/ 3,400.00	S/ 3,400.00
8	Conductor electrico 2x35mm2,1x16mm2	ml	25	S/ 65.00	S/ 1,625.00
9	Conductor electrico awg 4mm2	rollo	3	S/ 250.00	S/ 750.00
10	Conductor electrico TGP 10mm2	rollo	4	S/ 188.00	S/ 752.00
11	obras civiles	glb	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
12	obras mecanicas	glb	1	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
13	obras electrica	glb	1	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00
14	gastos administrativos	glb	1	S/ 1,200.00	S/ 1,200.00
15	costos por mantenimiento	glb	1	S/ 8,000.00	S/ 8,000.00
	TOTAL				**S/ 270,307.20**

ANALISIS ECONOMICO DE VIABILIDAD DEL SISTEMA HIBRIDO

Inversion del proyecto	=	**S/ 270,307.20**
N° periodos	=	**10**
Periodo	=	**anual**
Tasa de descuento		**7%**

Flujo de ingresos		A	Flujo de egresos		B	Flujo de efectivo neto		A-B
Año	**Periodo**	**Valor**	**Año**	**Periodo**	**Valor**	**Año**	**Periodo**	**Valor**
2020	0		**2020**	0		**2020**	0	**-S/ 270,307.20**
2021	1	S/ 46,840.00	**2021**	1	S/ 5,500.00	**2021**	1	S/ 41,340.00
2022	2	S/ 46,800.00	**2022**	2	S/ 5,400.00	**2022**	2	S/ 41,400.00
2023	3	S/ 47,000.00	**2023**	3	S/ 5,000.00	**2023**	3	S/ 42,000.00
2024	4	S/ 47,200.00	**2024**	4	S/ 5,300.00	**2024**	4	S/ 41,900.00
2025	5	S/ 47,300.00	**2025**	5	S/ 5,500.00	**2025**	5	S/ 41,800.00
2026	6	S/ 47,420.00	**2026**	6	S/ 4,800.00	**2026**	6	S/ 42,620.00
2027	7	S/ 46,900.00	**2027**	7	S/ 5,500.00	**2027**	7	S/ 41,400.00
2028	8	S/ 47,100.00	**2028**	8	S/ 6,100.00	**2028**	8	S/ 41,000.00
2029	9	S/ 46,850.00	**2029**	9	S/ 5,700.00	**2029**	9	S/ 41,150.00
2030	10	S/ 46,880.00	**2030**	10	S/ 5,820.00	**2030**	10	S/ 41,060.00
	Total	**S/ 470,290.00**		**Total**	**S/ 54,620.00**		**Total**	**S/ 415,670.00**

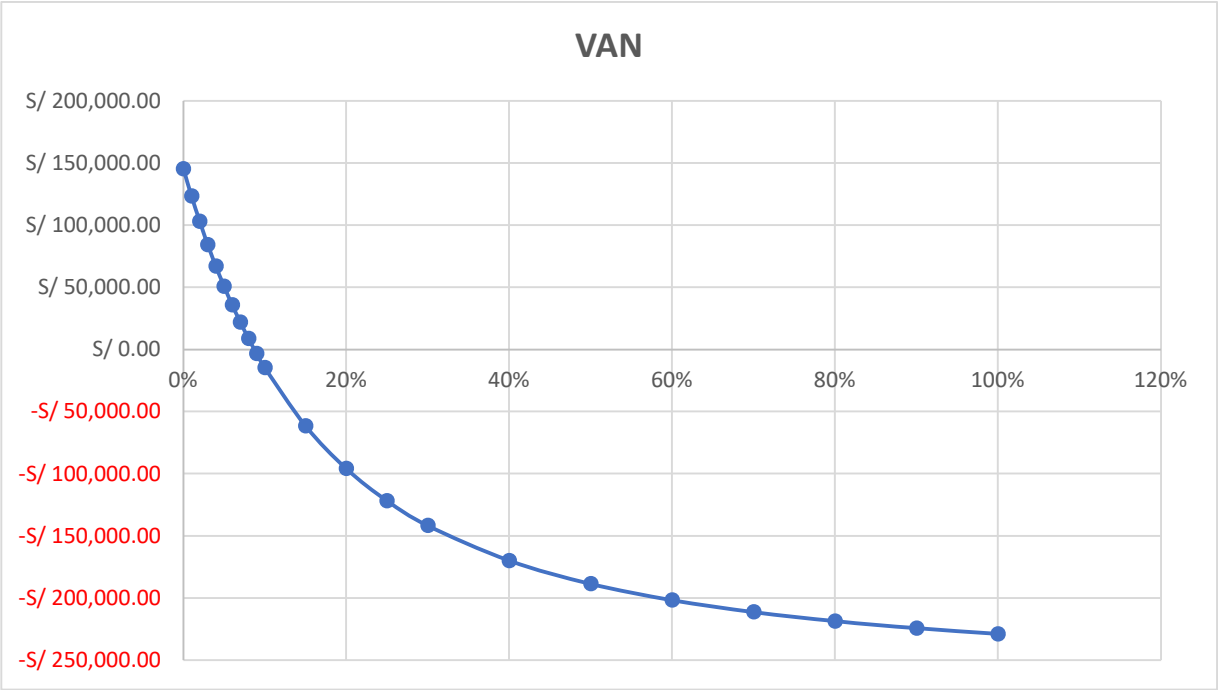
Calculo del VAN y TIR

n°	Flujo de efectivo neto	(1+td)^n	FN/(1+td)^n
0	-S/ 270,307.20	1	-S/ 270,307.20
1	S/ 41,340.00	1.07	S/ 38,635.51
2	S/ 41,400.00	1.1449	S/ 36,160.36
3	S/ 42,000.00	1.225043	S/ 34,284.51
4	S/ 41,900.00	1.31079601	S/ 31,965.31
5	S/ 41,800.00	1.402551731	S/ 29,802.82
6	S/ 42,620.00	1.500730352	S/ 28,399.51
7	S/ 41,400.00	1.605781476	S/ 25,781.84
8	S/ 41,000.00	1.71818618	S/ 23,862.37
9	S/ 41,150.00	1.838459212	S/ 22,382.87
10	S/ 41,060.00	1.967151357	S/ 20,872.82

VAN	**S/ 21,840.73**

TIR	**8.7%**

Tasa de descuento	VAN
0%	S/ 145,362.80
1%	S/ 123,432.35
2%	S/ 103,156.43
3%	S/ 84,384.69
4%	S/ 66,982.33
5%	S/ 50,828.31
6%	S/ 35,813.78
7%	S/ 21,840.73
8%	S/ 8,820.81
9%	-S/ 3,325.75
10%	-S/ 14,671.06
15%	-S/ 61,461.53
20%	-S/ 95,827.57
25%	-S/ 121,710.65
30%	-S/ 141,652.24
40%	-S/ 169,893.96
50%	-S/ 188,574.76
60%	-S/ 201,654.65
70%	-S/ 211,241.83
80%	-S/ 218,533.77
90%	-S/ 224,249.56
100%	-S/ 228,842.20



GLOBAL SOLAR ATLAS
BY WORLD BANK GROUP

Santa Ana de Tusi

-10.472166°,-076.353821°
unnamed road, Pampania, Pasco, Peru
Time zone: UTC-05, America/Lima [PET]

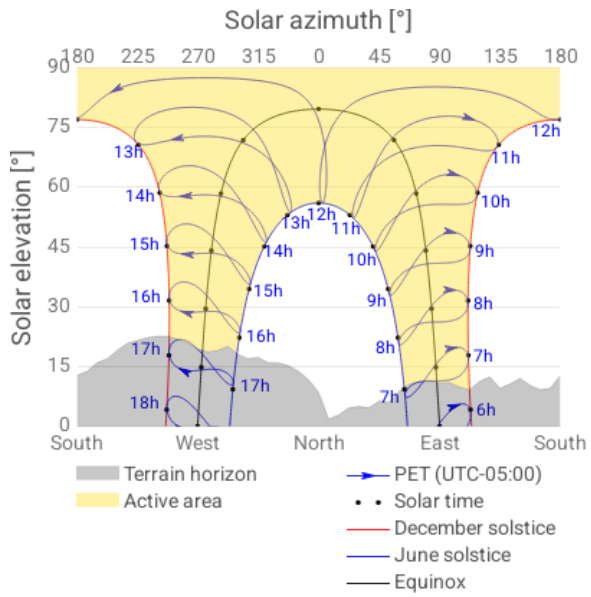
Report generated: 27 Nov 2021

SITE INFO

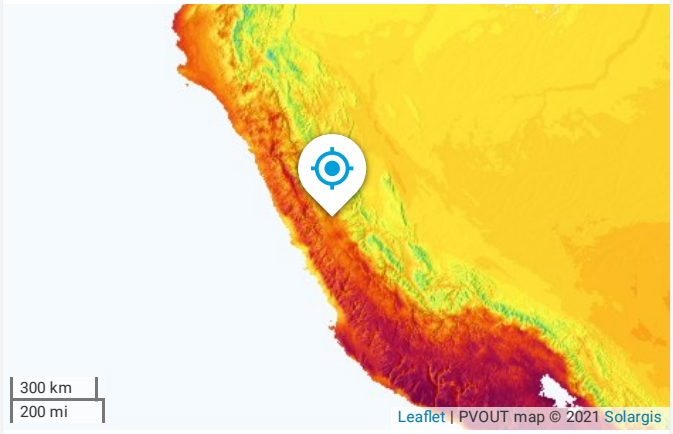
Map data			Per year
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	**1627.8**	kWh/kWp
Direct normal irradiation	DNI	**1662.6**	kWh/m^2
Global horizontal irradiation	GHI	**1936.2**	kWh/m^2
Diffuse horizontal irradiation	DIF	**754.8**	kWh/m^2
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	**1990.3**	kWh/m^2
Optimum tilt of PV modules	OPTA	**16 / 0**	°
Air temperature	TEMP	**6.5**	°C
Terrain elevation	ELE	**3772**	m

Map

Horizon and sunpath



PVOUT map



PVOUT: Long-term average of annual totals of PV power potential

kWh/kWp
600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

Annual averages

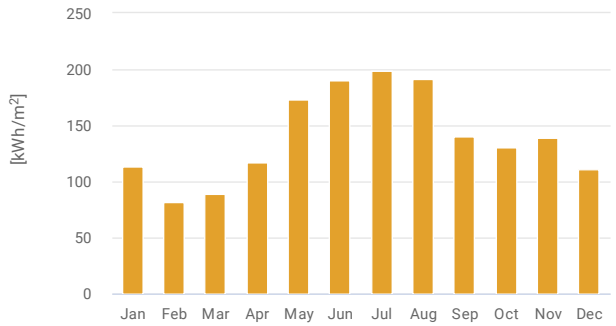
Direct normal irradiation

1676.8

kWh/m^2 per year

Monthly averages

Direct normal irradiation



Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m^2]

UTC-05

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m^2]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7	70								86	191	287	148
7 - 8	323	257	279	440	541	575	443	520	414	432	462	347
8 - 9	354	278	291	443	600	653	647	598	461	444	485	371
9 - 10	344	275	261	408	598	674	669	636	475	431	479	346
10 - 11	365	294	258	402	616	683	698	674	487	460	487	361
11 - 12	398	324	290	394	623	689	723	694	487	474	539	423
12 - 13	455	364	300	409	645	693	734	701	509	450	486	415
13 - 14	379	312	298	389	635	681	731	696	497	425	459	342
14 - 15	363	293	295	369	611	687	724	684	475	388	419	323
15 - 16	330	283	300	374	583	671	717	671	457	349	352	297
16 - 17	296	253	299	287	139	320	337	318	324	163	167	206
17 - 18												
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	3677	2933	2871	3915	5590	6327	6423	6193	4672	4205	4621	3579

 © 2021 The World Bank Group

GLOSSARY

Acronym	Full name	Unit	Type of use
DIF	Diffuse horizontal irradiation	kWh/m², MJ/m²	Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
DNI	Direct normal irradiation	kWh/m², MJ/m²	Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation (© 2021 Solargis)
ELE	Terrain elevation	m, ft	Elevation of terrain surface above/below sea level, processed and integrated from SRTM-3 data and related data products (SRTM v4.1 © 2004 - 2021, CGIAR-CSI)
GHI	Global horizontal irradiation	kWh/m², MJ/m²	Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
GTI	Global tilted irradiation	kWh/m², MJ/m²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation (© 2021 Solargis)
GTI_opta	Global tilted irradiation at optimum angle	kWh/m², MJ/m²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fix-mounted at optimum angle (© 2021 Solargis)
OPTA	Optimum tilt of PV modules	°	Optimum tilt of fix-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input (© 2021 Solargis)
PVOUT_total	Total photovoltaic power output	kWh, MWh, GWh	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by the total installed capacity of a PV system (© 2021 Solargis)
PVOUT_specific	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by a PV system and normalized to 1 kWp of installed capacity (© 2021 Solargis)
TEMP	Air temperature	°C, °F	Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground. Calculated from outputs of ERA5 model (© 2021 ECMWF, post-processed by Solargis)

ABOUT

This pdf report (the “Work”) is automatically generated from the Global Solar Atlas online app (https://globalsolaratlas.info/), prepared by Solargis under contract to The World Bank, based on a solar resource database that Solargis owns and maintains. It provides the estimated solar resource, air temperature data and potential solar power output for the selected location and input parameters of a photovoltaic (PV) power system.

Copyright © 2021 The World Bank
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the commissioning agent and copyright holder for this Work, acting on behalf of The World Bank Group. The Work is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0 IGO) with a mandatory and binding addition (please refer to the GSA website for full terms and conditions of use https://globalsolaratlas.info/support/terms-of-use).

The World Bank Group disclaims all warranties of any kind related to the provision of the Work.

The Work is made available solely for general information purposes. Neither the World Bank, Solargis nor any of its partners and affiliates hold the responsibility for the accuracy and/or completeness of the data and shall not be liable for any errors, or omissions. It is strongly advised that the Work be limited to use in informing policy discussions on the subject, and/or in creating services that better educate relevant persons on the viability of solar development in areas of interest. As such, neither the World Bank nor any of its partners on the Global Solar Atlas project will be liable for any damages relating to the use of the Work for financial commitments or any similar use cases. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge.

Sources: Solar database and PV software © 2021 Solargis

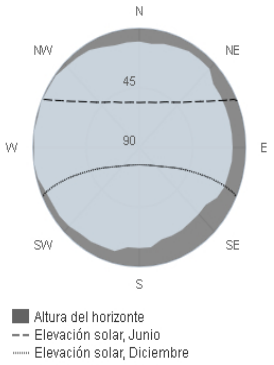
Datos mensuales de irradiación

PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

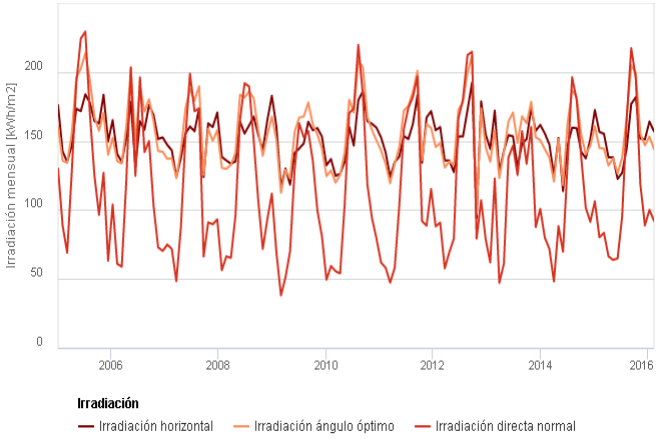
Datos proporcionados

Latitud/Longitud:	-10.454, -76.302
Horizonte:	Calculado
Base de datos	PVGIS-NSRDB
Año inicial:	2005
Año final:	2015
Variables incluidas en este informe:	
Irradiación global horizontal:	Si
Irradiación directa normal:	Si
Irradiación global con el ángulo óptimo:	Si
Irradiación global con el ángulo °	No
Ratio difusa/global	Si
Temperatura media	No

Perfil del horizonte:



Irradiación solar mensual



Irradiación global horizontal

Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	175.93	165.07	147.16	138.46	160.42	136.87	141.77	160.1	171.97	147.48	155.23
Febrero	142.35	140.67	143.3	135.9	116.52	124.76	123.91	135.97	127.54	125.01	138.07
Marzo	135.05	134.9	123.97	133.56	130.05	126.21	134.75	135.82	142.91	152.2	138.21
Abril	146.61	152.02	137.46	135.25	118.45	134.8	138.66	127.5	154.23	113.76	122.58
Mayo	173.39	178.32	155.44	164.09	141.44	160.17	153.69	153.45	153.41	146.81	126.94
Junio	171.68	130.85	160.49	155.42	144.48	146.74	151.4	153.26	131.34	159.62	144.62
Julio	183.8	164.33	157.13	161.35	148.16	179.57	162.41	172.37	148.23	159.34	176.89
Agosto	177.64	158.19	173.59	167.65	163.91	186.02	183.12	192.28	151.4	142.25	181.71
Septiembre	164.4	176.07	123.9	154.63	157.82	164.32	134.27	94.07	173.77	137.45	151.83
Octubre	162.73	168.8	162.78	143.23	159.39	162.49	167.09	178.74	157.39	151.39	151.15
Noviembre	183.49	151.46	160.09	165.07	153.31	159.64	171.6	154.72	161.68	172.41	164.12
Diciembre	149.71	152.63	170.62	182.73	132.47	152.58	157.86	144.34	155.47	156.59	157.03

Direct Normal irradiation

Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	129.95	103.97	74.96	56.36	69.18	59.38	58.23	90.78	122.8
Febrero	88.71	61	71.79	66.42	38.17	55.62	47.4	57.72	47.24
Marzo	69.1	59	48.56	65.35	51.31	54.09	58.14	69.34	61.08
Abril	126.79	121.28	87.43	96	70.17	103.92	102.88	79.27	138.2
Mayo	191.72	203.38	152.55	165.22	129.22	170.26	158.41	166.32	146.57
Junio	224.32	124.78	198.74	191.91	162.8	173.53	174.08	180.08	125.35
Julio	229.18	196.09	171.58	189.48	152.77	219.63	181.94	212.3	157.01
Agosto	169.22	141.97	173.61	150.71	157.06	183.59	196.83	214.58	133.52
Septiembre	124.79	149.9	66.33	107.23	135.66	118.27	91.93	79.29	160.09
Octubre	96.49	102.82	91.01	71.85	99.81	94.22	88.71	107	87.63
Noviembre	126.95	72.91	89.71	93.2	81.16	79.18	115.16	78.71	100.81
Diciembre	63.34	70.37	93.17	111.88	49.57	61.96	88.22	62.07	79.95

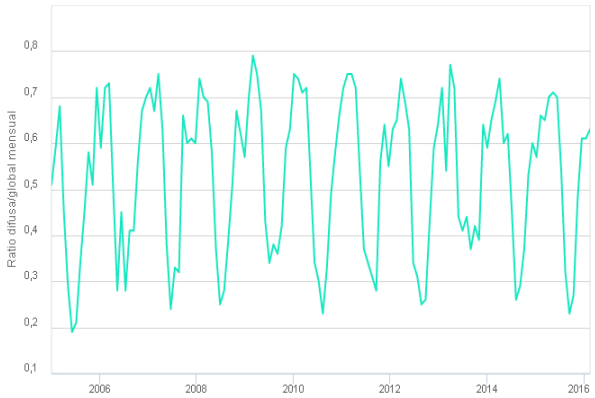
PVGIS ©Unión Europea, 2001-2021.
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

European Commission

Global irradiation optimum angle

Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	160.81	152.28	137.1	130.54	150.91	128.64	133.45	148.38	157.68	137.95	144.41
Febrero	135.72	135.39	137.42	129.85	112.53	119.82	119.44	130.82	123.16	120.64	132.24
Marzo	134.2	133.76	123.06	132.65	129.12	125.39	133.51	135.09	142.02	151.6	137.5
Abril	155.11	160.63	143.31	141.43	122.89	141.6	145.57	132.76	164.18	118.09	126.53
Mayo	195.8	202.22	173.38	183.51	156.63	179.87	171.98	172.64	170.64	162.89	138.1
Junio	202.49	148.33	187.76	181.61	166.97	170.69	175.48	178.02	148.74	186.69	167.64
Julio	213.59	189.87	179.31	185.85	167.79	207.9	185.56	199.32	167.85	182.03	204.72
Agosto	193.98	171.4	189.64	181.11	177.77	203.63	200.84	211.8	162.9	154.77	199.4
Septiembre	167.42	180.21	125.41	157.58	162.13	167.32	136.26	97.23	178.41	140.48	155.2
Octubre	157.48	164.28	158.72	139.3	154.75	157.96	162.3	173.61	152.84	146.6	147
Noviembre	170.22	142.75	150.19	154.57	144.52	150.47	159.46	145.53	150.52	160.77	153.08
Diciembre	140.05	142.18	157.81	167.54	124.57	143.07	145.76	135.01	144.13	145.03	144.33

Ratio difusa a global medio mensual



Ratio difusa/global

Month	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	0.51	0.59	0.72	0.74	0.7	0.74	0.75	0.65	0.54	0.69	0.65
Febrero	0.59	0.72	0.67	0.7	0.79	0.71	0.75	0.74	0.77	0.74	0.7
Marzo	0.68	0.73	0.75	0.69	0.75	0.72	0.72	0.69	0.72	0.6	0.71
Abril	0.45	0.5	0.63	0.58	0.67	0.53	0.54	0.63	0.44	0.62	0.7
Mayo	0.29	0.28	0.38	0.37	0.43	0.34	0.37	0.34	0.41	0.45	0.54
Junio	0.19	0.45	0.24	0.25	0.34	0.3	0.34	0.31	0.44	0.26	0.32
Julio	0.21	0.28	0.33	0.28	0.38	0.23	0.31	0.25	0.37	0.29	0.23
Agosto	0.34	0.41	0.32	0.39	0.36	0.33	0.28	0.26	0.42	0.37	0.27
Septiembre	0.45	0.41	0.66	0.51	0.42	0.49	0.56	0.43	0.39	0.53	0.48
Octubre	0.58	0.56	0.6	0.67	0.59	0.58	0.64	0.59	0.64	0.6	0.61
Noviembre	0.51	0.67	0.61	0.62	0.63	0.66	0.55	0.64	0.59	0.57	0.61
Diciembre	0.72	0.7	0.6	0.57	0.75	0.72	0.63	0.72	0.65	0.66	0.63

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general.

Nuestro propósito es mantener la información precisa y al día.

Trataremos de corregir los errores que se nos señalen.

No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.

Dicha información:

i) es de carácter general y no aborda circunstancias específicas de personas u organismos concretos,

ii) no es necesariamente exhaustiva, completa, exacta o actualizada,

iii) contiene en algunas ocasiones enlaces a páginas externas sobre las que los servicios de la Comisión no tienen control alguno y respecto de las cuales la Comisión declina toda responsabilidad.

Joint Research Centre

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2021.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Datos mensuales de irradiación 2021/11/25

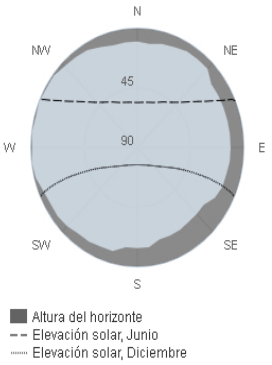
Rendimiento de un sistema FV autónomo

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar

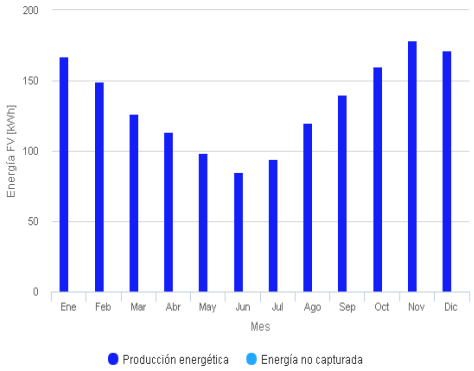
Datos proporcionados

Latitud/Longitud:	-10.454, -76.302	Ángulo de inclinación:	35 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut	0 °
Base de datos:	PVGIS-NSRDB	**Resultados de la simulación**	
FV instalado:	50 Wp	Porcentaje días batería cargada:	0 %
Capacidad de la batería:	600 Wh	Porcentaje días batería descargada:	100 %
Limitador de descarga:	40 %	Energía media no capturada:	0 Wh
Consumo diario:	250000 Wh	Energía media que falta:	249866.42 Wh

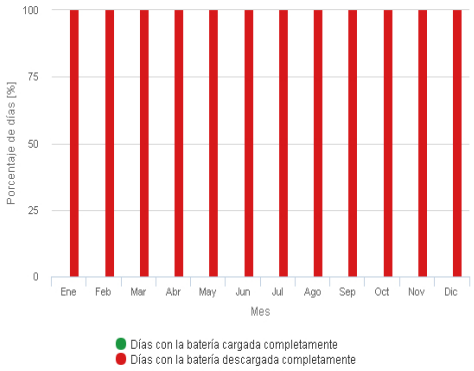
Perfil del horizonte:



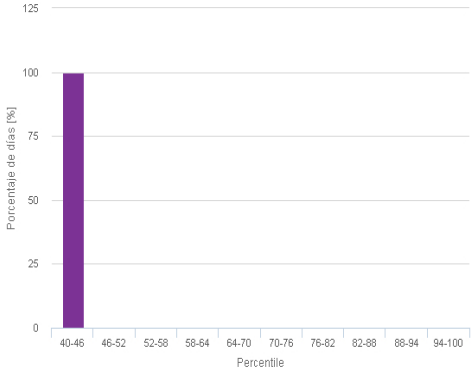
Producción energética estimada para un sistema FV autónomo:



Rendimiento de la batería para un sistema FV autónomo:



Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día:



Rendimiento medio mensual

Mes	E_d	E_l	f_f	f_e
Enero	167.2	0.0	0.0	100.0
Febrero	148.9	0.0	0.0	100.0
Marzo	126.6	0.0	0.0	100.0
Abril	113.7	0.0	0.0	100.0
Mayo	98.7	0.0	0.0	100.0
Junio	84.9	0.0	0.0	100.0
Julio	94.0	0.0	0.0	100.0
Agosto	120.0	0.0	0.0	100.0
Septiembre	139.8	0.0	0.0	100.0
Octubre	160.2	0.0	0.0	100.0
Noviembre	178.3	0.0	0.0	100.0
Diciembre	171.7	0.0	0.0	100.0

E_d: Producción energética media diaria [Wh/día].
E_l: Energía media diaria no capturada [Wh/día].
f_f: Porcentaje de días con la batería cargada completamente [%].
f_e: Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente [%].

Cs	Cb
40-46	100.0
46-52	0.0
52-58	0.0
58-64	0.0
64-70	0.0
70-76	0.0
76-82	0.0
82-88	0.0
88-94	0.0
94-100	0.0

Cs: Estado de carga al final de cada día [%].
Cb: Porcentaje de días con este estado de carga [%].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general.

Nuestro propósito es mantener la información precisa y al día.

Trataremos de corregir los errores que se nos señalen.

No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.

Dicha información:

i) es de carácter general y no aborda circunstancias específicas de personas u organismos concretos,

ii) no es necesariamente exhaustiva, completa, exacta o actualizada,

iii) contiene en algunas ocasiones enlaces a páginas externas sobre las que los servicios de la Comisión no tienen control alguno y respecto de los cuales la Comisión declina toda responsabilidad.

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2021.
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Datos mensuales de irradiación 2021/11/26

ECO GREEN ENERGY
Building a Greener World

EOS

330-350W / 72 Cells / 5 Bus Bars Polycrystalline Module

EGE-330-350P-72

Eco Green Energy's modules are only made of grade A solar cells with a very high efficiency and ensured more than 25 years lifespan.

KEY FEATURES

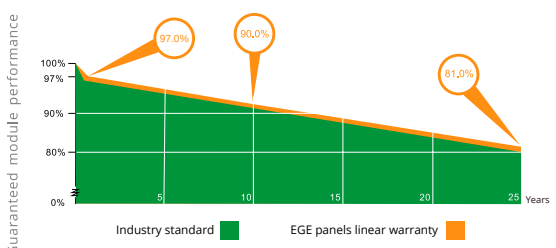
- 5 bus bars cells, with efficiency up to 21 %
- IP68 junction box for long term weather endurance
- High quality aluminum frame, resisting load up to 5400 Pa and wind pressure up to 2400 Pa
- High transmissivity, low-iron tempered glass
- High performance in low-light environment
- Double EL test before and after lamination

CERTIFICATES

TUV SUD (IEC61215/61730), PID Free, ISO 9001:2015, PV Cycle, CE,UL

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12-Year Product Warranty · 25-Year Linear Power Warranty



25 YEARS **OUTPUT POWER WARRANTY**

12 YEARS **PRODUCT WARRANTY**

Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.

ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	330 W	335 W	340 W	345 W	350 W
Power tolerance	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W
Module efficiency	17.01 %	17.27 %	17.52 %	17.78 %	18.04 %
Maximum power voltage (Vmp)	37.87 V	38.15 V	38.37 V	38.55 V	38.80 V
Maximum power current (Imp)	8.71 A	8.78 A	8.86 A	8.95 A	9.02 A
Open circuit voltage (Voc)	46.79 V	46.32 V	46.55 V	46.70 V	46.92 V
Short circuit current (Isc)	9.18 A	9.16 A	9.24 A	9.31 A	9.40 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NOCT*

Power output (Pmax)	244.13 W	247.83 W	251.53 W	255.23 W	258.92 W
Maximum power voltage (Vmp)	34.98 V	35.23 V	35.44 V	35.60 V	35.84 V
Maximum power current (Imp)	6.97 A	7.02 A	7.09 A	7.16 A	7.22 A
Open circuit voltage (Voc)	43.43 V	43.00 V	43.21 V	43.35 V	43.55 V
Short circuit current (Isc)	7.45 A	7.44 A	7.50 A	7.56 A	7.63 A

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² • Ambiant temperature: 20°C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45 °C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.396%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.31%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.06%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-45 °C ~+85 °C
Maximum system voltage	1500 V
Max series fuse rating	25 A
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

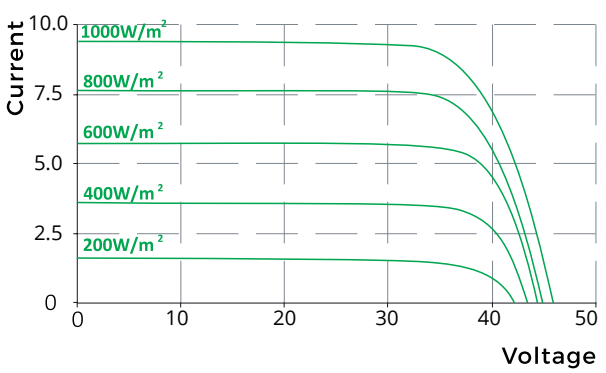
MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Polycrystalline (156.75x156.75mm)
Number of cells	72
Dimensions	1956x992x40mm
Weight	22.8 kg
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP68
Cable	0.9 m
Connector	MC4 or MC4 compatible

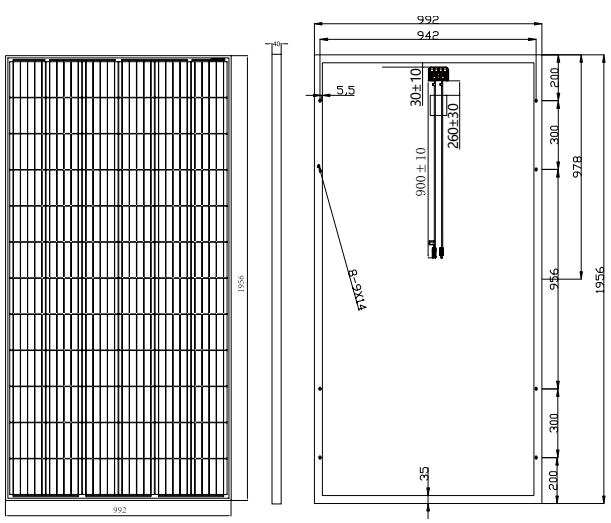
PACKAGING

Type	Pcs/ Type	Weight
Per Pallet	26 pcs	622.8 kg
20ft GP Container	300 pcs	7.2 t
40ft GP Container	624 pcs	14.9 t
40ft HQ Container	696 pcs	16.7 t

I-V CURVES



ENGINEERING DRAWINGS (mm)



ECO GREEN ENERGY
Building a Greener World

Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.
Add: 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan District, Nantong, Jiangsu, China
Tel: +86 513 66690088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com

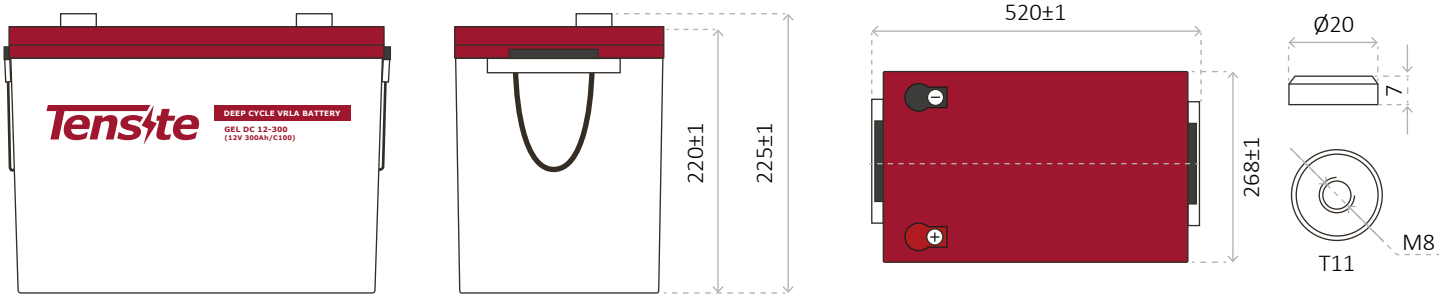
Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice. Refer to our website for further information or contact one of our sales staff.
www.eco-greenenergy.com

GEL 12-300

CHARACTERISTICS

- Compact size ideal for any type of use.
- Great performance due to its deep descharge cycle life.
- Perfect to use as accumulator in photovoltaic installations.

DIMENSIONS



Tensite
info@tensitebatteries.com
www.tensitebatteries.com

GEL BATTERY
12V 300 AH

GEL SERIES BATTERY

GEL series batteries are manufactured with special separators and silica gel immobilizing the electrolyte inside the battery. The proven silica gel technology can improve battery cycle life and performance at wider temperature range. The deep discharge cycle life is increased 50% compared normal battery.

APPLICATION

- Emergency Power System
- Communication equipment
- Telecommunication systems
- Uninterruptible power supplies
- Power tools
- Marine equipment
- Medical equipment
- Solar and wind power system

GENERAL FEATURES

- Safety Sealing
- Non-spillable construction
- High power density
- Excellent recovery from Deep discharge
- Thick plates and high active materials
- Longer life and low self-discharge design

TECHNICAL SPECIFICATIONS

BATTERY MODEL	**Nominal voltage**		12V	
	Rated capacity (100 hour rate)		300Ah	
	Cells Per battery		6	
DIMENSION	**Length**	**Width**	**Height**	**Total Height**
	520 mm	268 mm	220 mm	225 mm
APPROX. WEIGHT	67.0 kg ± 3%			
CAPACITY @ 25°C	**10 hour rate (25.0A)**	**5 hour rate (43.7A)**	**3 hour rate (66.2A)**	**1 hour rate (161.5A)**
	250.0 Ah	218.7 Ah	198.7 Ah	161.5 Ah
MAX. DISCHARGE CURRENT	2000 A (5 sec.)			
INTERNAL RESISTANCE	Full charged Vat 25°C: Approx. 2.0mΩ			
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	**40°C**	**25°C**	**0°C**	
	103%	100%	86%	
CHARGE METHOD @25°C	**Cycle Use**		**Standby Use**	
	14.4-15.0V (Initial charging current less than 27A)		13.50-13.80V	

BATTERY DISCHARGE TABLE

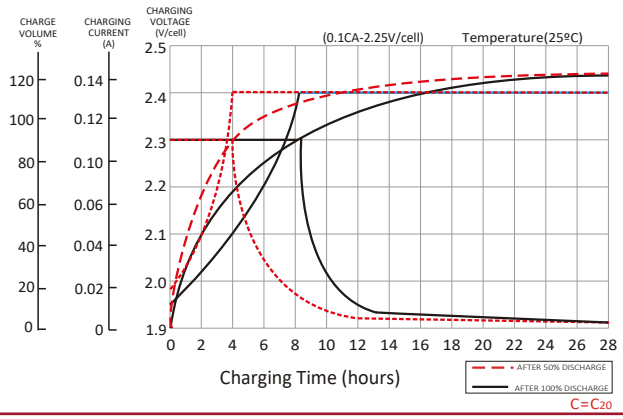
CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 ºC

F.V / TIME		5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	20 h
1.80	A	656.8	437.5	351.8	234.5	168.3	165.0	93.0	68.0	45.0	28.0	25.00	13.00
	W	1224.8	815.9	656.0	437.3	313.8	307.7	173.4	126.8	83.9	52.2	46.6	25.7
1.75	A	696.2	463.8	369.3	241.5	173.3	170.0	95.3	69.7	45.7	28.3	25.25	13.13
	W	1298.3	864.9	688.8	450.5	323.2	317.0	177.8	130.0	85.2	52.7	47.1	25.9
1.70	A	788.1	525.0	386.9	248.6	178.3	174.9	97.7	71.4	46.4	28.6	25.50	13.38
	W	1469.8	979.1	721.6	463.6	332.6	326.2	182.1	133.2	86.4	53.3	47.6	26.4
1.65	A	775.0	516.3	404.5	255.6	183.4	179.9	99.5	72.8	47.0	28.8	25.75	13.55
	W	1445.3	962.8	754.4	476.7	342.0	335.4	185.6	135.7	87.7	53.8	48.0	26.7
1.60	A	840.6	560.0	422.1	262.6	188.4	184.8	101.4	74.1	47.7	29.1	26.00	13.63
	W	1567.8	1044.4	787.2	489.8	351.4	344.7	189.1	138.2	89.0	54.3	48.5	26.8

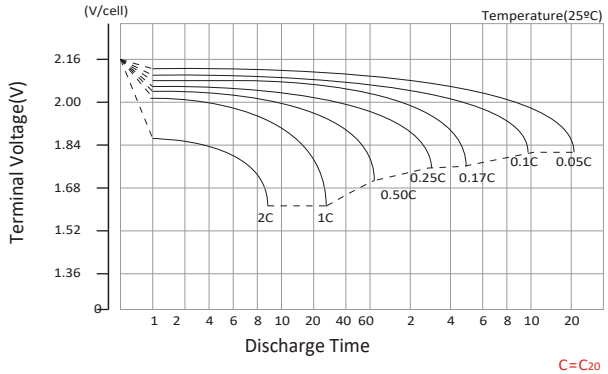
Tensite
info@tensitebatteries.com
www.tensitebatteries.com

BATTERY CHARACTERISTICS

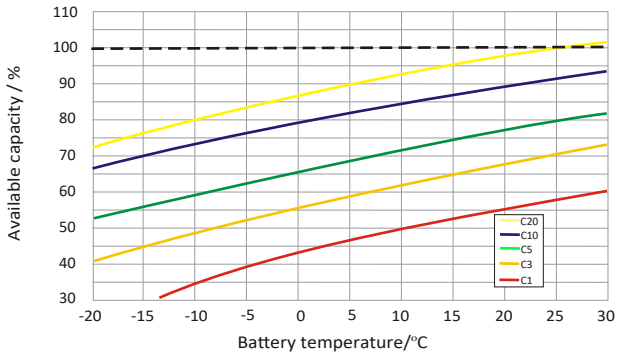
Float charging characteristics



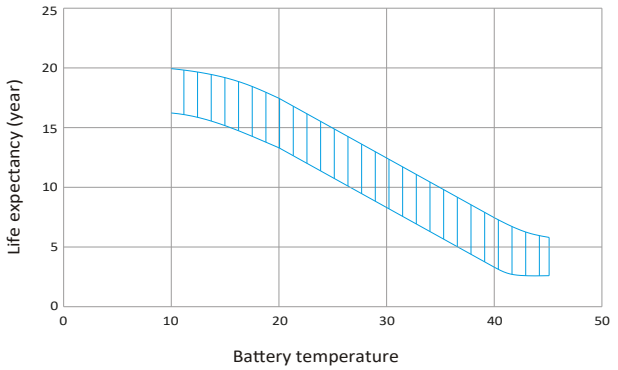
Discharge characteristics



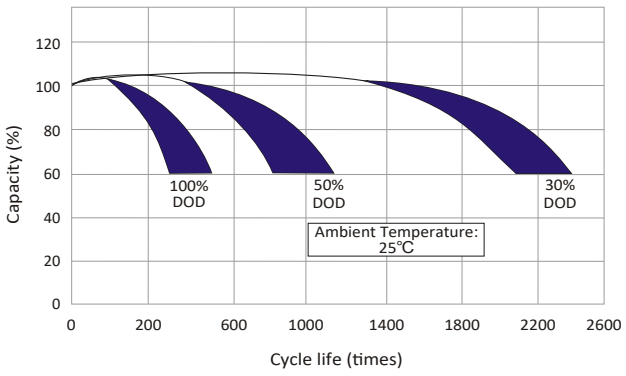
Temperature effects in realtion to battery capacity



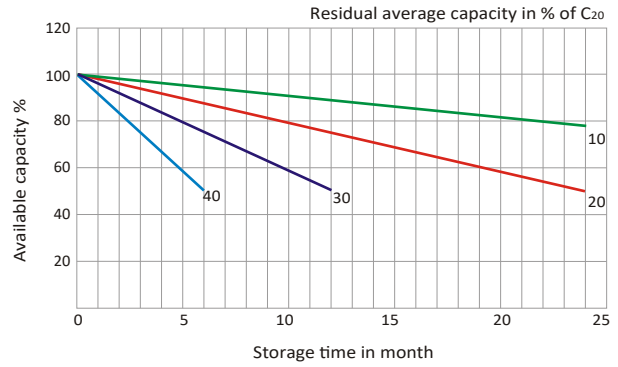
Effect of temperature on long term float life



Cycle life in relation to depth discharge



General relation of capacity vs. storage time



Tensite
info@tensitebatteries.com
www.tensitebatteries.com

High Frequency Off Grid Solar Inverter

PV1800 VHM SERIES (2KW-5.5KW)

PV1800 VHM is a multi-functional inverter/charger, combining functions of inverter, solar charger and battery charger to offer uninterruptible power support for home or office application. It comes with LCD display for user-configurable and easy-accessible button operation such as battery charging current, AC/solar charger priority, and acceptable input voltage based on different applications.

Features

- Pure sine wave solar inverter
- Output power factor 1
- High PV input voltage range
- Built-in 80A MPPT solar charger
- Battery equalization to prevent electrolyte battery performance and extend lifecycle
- Built-in anti-dust fan for harsh environment

Appearance

(2KW-3KW)

(3KW-5.5KW)

Inside Structurers

PRODUCT FEATURES

SMART & INTELLIGENT FEATURES

Anti-Dust Kit

After installing the anti-dust kit, inverter will automatically detect this kit and activate internal thermal sensor to adjust internal temperature. By virtue of the dustproof design, it dramatically increases product reliability in harsh environment.

Wifi communication

you can download this app on your cellphone and monitor the whole system, you will know how much electricity the system generate and will be utility.

PRODUCT DETAILS

MUST HELP YOU CONFIRM EVERY DETAILS

Details reflect quality

(2KW-3KW)

(3KW-5.5KW)

INVERTER SYSTEM CONNECTION

INVERTER + SOLAR PANELS + GRID + APPLICATION LOADS

PRODUCT PARAMETERS

MAKE SURE EACH PARAMETER IS TRUE

Learn more about the product

Model		2KW	3KW	4KW	5KW	5.5KW
Rated Power		2000VA/2000W	3000VA/3000W	4000VA/4000W	5000VA/5000W	5500VA/5500W
Inverter	Waveform	Pure Sine Wave				
	Efficiency (Peak)	93%				
	Transfer Time	10ms (Typical)				
	Surge Power	4000VA	6000VA	8000VA	10000VA	11000VA
	Input Voltage Range	170VAC±5%(APL)/90VAC±5%(UPS)				170VAC±5%(APL)/90VAC±5%(UPS)
	Output Voltage	110VAC/120VAC/220VAC/230VAC/240VAC				
	Output Frequency	50Hz/60Hz				
	Output Voltage	220VAC				
	Charging Current	40A	60A	80A	80A	80A
	Charging Algorithm	3-Step				
	Battery Voltage	24VDC				
	Max. PV Array Power	2000W	3000W	4000W	5000W	5500W
	Max. PV Array Open Circuit Voltage	145VDC				
	MPPT Range	60-115VDC				
	Charging Power	1000W	1500W	2000W	2500W	2750W
	Charging Current	40A	60A	80A	80A	80A
	Charging Algorithm	3-Step				
	Battery Voltage	24VDC				
	Max. PV Array Power	2000W	3000W	4000W	5000W	5500W
	Max. PV Array Open Circuit Voltage	145VDC				
	MPPT Range	60-115VDC				
	Charging Power	1000W	1500W	2000W	2500W	2750W
	Charging Current	40A	60A	80A	80A	80A
	Charging Algorithm	3-Step				
	Battery Voltage	24VDC				
Protection	Battery Protection	Low battery alarm, low battery shutdown, overcharge protection				
	Inverter Protection	Overload, short circuit, overheating, overvoltage, undervoltage				
Others	Dimension (L*W*H)	350*280*120mm	350*280*120mm	350*280*120mm	350*280*120mm	350*280*120mm
	Net Weight	5.5KG	5.5KG	5.5KG	5.5KG	5.5KG
	Gross Weight	6.5KG	6.5KG	6.5KG	6.5KG	6.5KG

Size

LCD Panel
Fan Vent
Air Vent
Air Vent
Fan Vent
Air Vent
Air Vent
Fan Vent
Air Vent
Air Vent

Controladores de carga SmartSolar 250V y 99% de eficiencia

MPPT 250/60, 250/70, 250/85 & 250/100

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.
Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.
El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación. en función de la temperatura.

Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila

La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

On/Off remoto

Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable

Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente)
para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.

Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-Tr
Con pantalla conectable opcional.

Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-MC4
Sin pantalla

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de *software* para ajustar el sistema en 36V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A (máx. 30A x con. MC4)		70A (max 30A x MC4 con.)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías 245V en arranque y funcionando al máximo			
Eficacia máxima	99%			
Autoconsumo	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V			
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura			
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)			
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC			
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales FV 3)	35mm² / AWG2 (modelos Tr), Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/60 y 250/70) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/85 y 250/100)			
Bornes de batería	35mm² / AWG2			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	3 kg		4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215x250x95 mm		Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 246x295x103 mm	
NORMATIVAS				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.
1b) La tensión FV debe exceder en 5 V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V.
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.
Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | E-mail: sales@victronenergy.com
www.victronenergy.com

Must Solar Baja Frecuencia con MPPT

PV3500 Series

Inversor solar de aislada y baja frecuencia

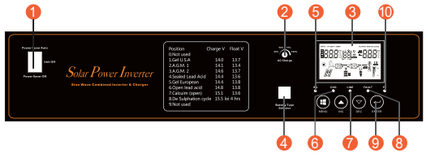
Características

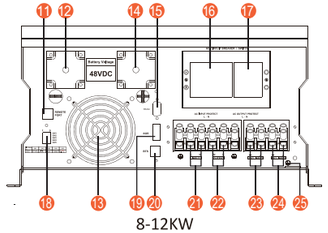
- Potencia Nominal entre 4kVA y 12kVA
- Onda senoidal pura
- Configurable desde la pantalla LCD（Modos de trabajo, estado de cargas, voltaje de baterías y de campo solar, etc.）
- Regulador MPPT de hasta 120A según versiones
- MPPT con eficiencia máxima del 98%
- Cargador AC de alta potencia de 80A
- Transformador con bobinado íntegro de cobre
- Protección contra sobretensión, sobrecarga y descarga profunda
- Con programa para PC (CD Incluído) para programación del Inversor
- Con bobinado de cobre para una superior fiabilidad de onda
- Compatible con generadores de gasolina o diésel
- Con aislamiento galvánico.

Introducción:

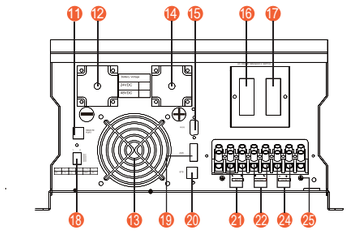
Inversor de onda pura con cargador AC y regulador de carga de tipo MPPT. Multifunción, con posibilidad de combinar al mismo tiempo los diferentes métodos de carga. Incorpora una pantalla LCD para su configuración a través de los botones que van instalados justo en la parte inferior. Es fácil y accesible para cualquier usuario, con opción de mostrar los valores de corriente de carga desde paneles solares, desde generador o red eléctrica, así como la opción de visualizar los consumos.

Información del Display LCD





8-12KW



4-6KW

1. Interruptor / bajo consumo
2. Ajuste cargador AC
3. Display LCD
4. Ajuste voltaje baterías
5. Indicador Inversor
6. Indicador carga
7. Indicador red
8. Indicador fallo
9. Función
10. Indicador FV
11. Puerto remoto
12. BAT"-"
13. Ventilador
14. BAT"+"
15. RS485/CAN puerto comunicaciones
16. termico entrada AC / bypass
17. Térmico salida consumos
18. Interruptores función (SW1-SW5)
19. AGS
20. BTS
21. Entrada AC desde generador o red
22. Salida AC para consumos
23. Segunda entrada fotovoltaica(opcional)
24. Primera entrada fotovoltaica
25. Tierra

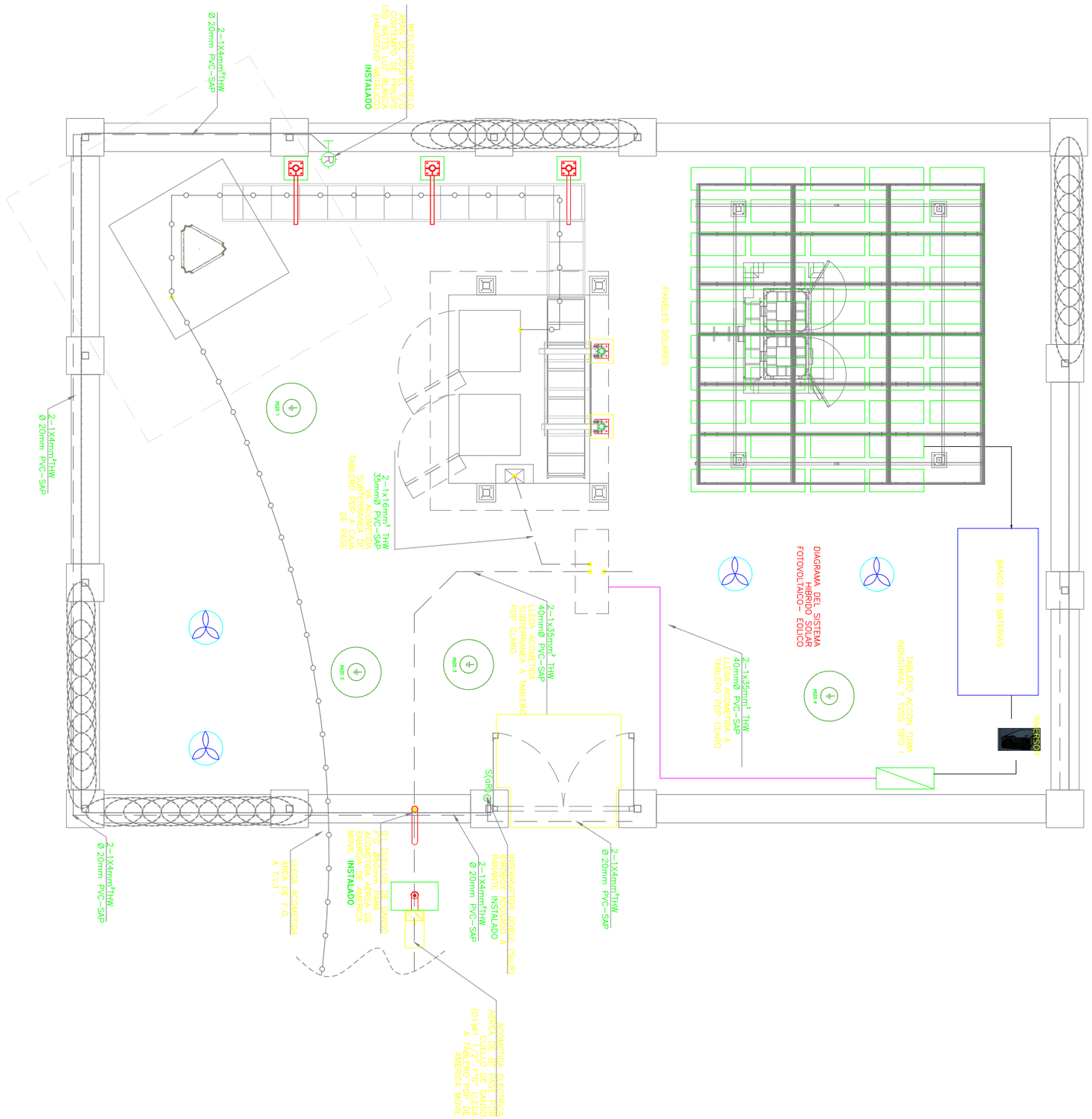
Conexión del Sistema Solar

Especificaciones

MODELO		PV35-4K		PV35-5K	PV35-6K	PV35-8K	PV35-10K	PV35-12K
Voltaje de Baterías del Sistema		24V	48V	48V	48V	48VDC	48VDC	48VDC
SALIDA INVERSOR	Potencia del Inversor	4KW		5KW	6KW	8.0KW	10.0KW	12.0KW
	Pico potencia (20ms)	12KW		15.0KW	18.0KW	24.0KW	30.0KW	36.0KW
	Capacidad arranque motores	2HP		2HP	3HP	4HP	5HP	6HP
	Tipo de Onda	Onda pura / igual que en la entrada (modo bypass)						
	Voltaje nominal salida RMS	220V/230V/240VAC(+/-10% RMS)						
	Frecuencia de salida	50Hz/60Hz +/-0.3 Hz						
	Eficiencia del inversor (Pico)	>85%				>88%		
	Eficiencia modo red	>95%						
	Factor de potencia	0.8						
	Tiempo de transferencia típico	10ms(max)						
ENTRADA AC	Voltaje	230VAC						
	Rango voltaje seleccionable	154~272VAC(Para ordenadores)						
	Rango frecuencia	50Hz/60Hz (Automático)						
BATERÍA	Voltaje mínimo arranque	20.0VDC/21.0VDC for24VDC mode (40.0VDC/42.0VDC for 48VDC mode)						
	Voltaje batería baja	21.0VDC+/-0.3V for 24VDC mode (42.0VDC+/-0.6V for 48VDC mode)						
	Voltaje desconexión batería baja	20.0VDC+/-0.3V for 24VDC mode (40.0VDC+/-0.6V for 48VDC mode)						
	Alarma alto voltaje	32.0VDC+/-0.3V for 24VDC mode (64.0VDC+/-0.6V for 48VDC mode)						
	Recuperacion alarma alto voltaje	31.0VDC+/-0.3V for 24VDC mode (62.0VDC+/-0.6V for 48VDC mode)						
	Consumo en vacío / modo espera	<25W con ahorro de energía				<25W con ahorro de energía		
CARGADOR AC	Voltaje cargador	En función voltaje batería						
	Térmico protección entrada AC	30A		30A	30A	40A	50A	63A
	Protección sobrecarga	31.4VDC para modelo 24VDC (62.8VDC para modelo 48VDC)						
	Máxima corriente de carga	65A	40A	35A	40A	70A	80A	100A
BTS	Potencia continua salida	En función de la demanada y con regulación según temperatura batería						
PROTECCIÓN Y BYPASS	Onda de entrada	Senoidar (red o generador)						
	Frecuencia nominal entrada	50Hz o 60Hz						
	Protección sobrecarga	Térmico						
	Protección cortocircuito salida	Térmico						
	Potencia térmico de bypass	40A				80A	80A	80A
	Corriente máxima bypass	40Amp				80Amp		
REGULADOR MPPT	Máxima corriente carga FV	60A				60A(120A Opcional)		
	Voltaje DC	24V/48V Automático				48V		
	Potencia carga FV	1600W	3200W	3200W	3200W	3200W(6400W para modelo 120A)		
	Rango operativo MPPT	32-145VDC para 24V ,64-147V para 48V				64~147VDC		
	Voltaje Maximo FV Circuito abierto	147VDC						
	Eficiencia máxima	>98%						
	Consumo en stand-by	<2W						
CARACTERIST. FÍSICAS	Instalación	En pared						
	Tamaño	620*385*215mm				670*410*215mm		
	Peso neto (Regulador solar) kg	36		41	44	69+2.5	75.75+2.5	75.75+2.5
	Tamaño caja (W*H*D)	755*515*455mm				884*618*443mm		
	Peso caja (Regulador solar) kg	56		61	64	89+2.5	95.5+2.5	95.5+2.5
OTROS	Rango temperatura de trabajo	0°C to 40°C						
	Temperatura almacenamiento	-15°C to 60°C						
	Nivel sonoro	60dB MAX						
	Pantalla	LED+LCD						
	Unidades contenedor(20GP/40GP/40HQ)	140pcs / 280pcs / 320pcs						

Conexiones

PLANTA SISTEMA DE F.O.
ENERGIA E ILUMINACION
ESCALA 1/50



Proyecto:
SISTEMA HIBRIDO DE 9KW
AMERICAN MOVIL PASCO

Dirección:
Distrito de Santa de Tusi
Pasco

Tipo de plano:
DISTRIBUCION DE PLANTA
SISTEMA HIBRIDO

Fecha	2/11/2021
Escala S/E	Formato lámina A4
Nombre de Archivo	IIEE-CLARO

Diseñador:
Elvis Eloy Sarayasi Mejia
Jhonatan Gilmer Varillas Veramendi

Título y fecha revisado

Cliente: American Movil
Diseñador:
Elvis Eloy Sarayasi Mejia
Jhonatan Gilmer Varillas Veramendi

IE-01

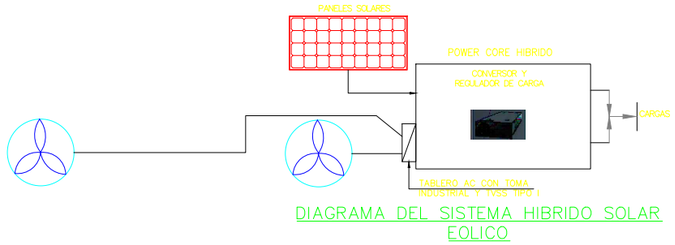
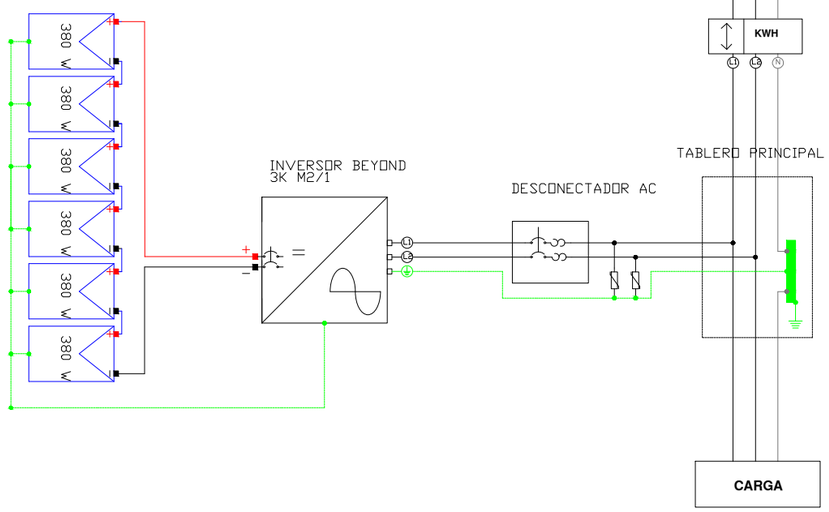


DIAGRAMA DEL SISTEMA HIBRIDO SOLAR EOLICO

NOTA:
EL ORDEN DE LAS SALIDAS DE ENERGIA Y PUESTA A TIERRA PUEDEN VARIAR SEGÚN OBRA.
CONSIDERAR 4 PUNTOS DE PUESTA A TIERRA PARA LA CONCERTINA

PANELES
SOLARES
EOS 320-350P



SIMBOLOGIA

- PANEL SOLAR DE 350W
- SUPRESOR DE PICOS
- FUSIBLE DC
- DIODO DE BLOQUEO
- DESCONESCTADOR DC DOS POLOS
- INVERSOR DE CORRIENTE DC/AC
- INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DOS POLOS
- MEDIDOR BI-DIRECCIONAL
- ACOMETIDA DE CFE
- TIERRA FISICA

Proyecto:
SISTEMA HIBRIDO DE 9KW
AMERICAN MOVIL PASCO

Dirección:
Distrito de Santa de Tusi
Pasco

Tipo de plano:
DIAGRAMA DEL
SISTEMA HIBRIDO

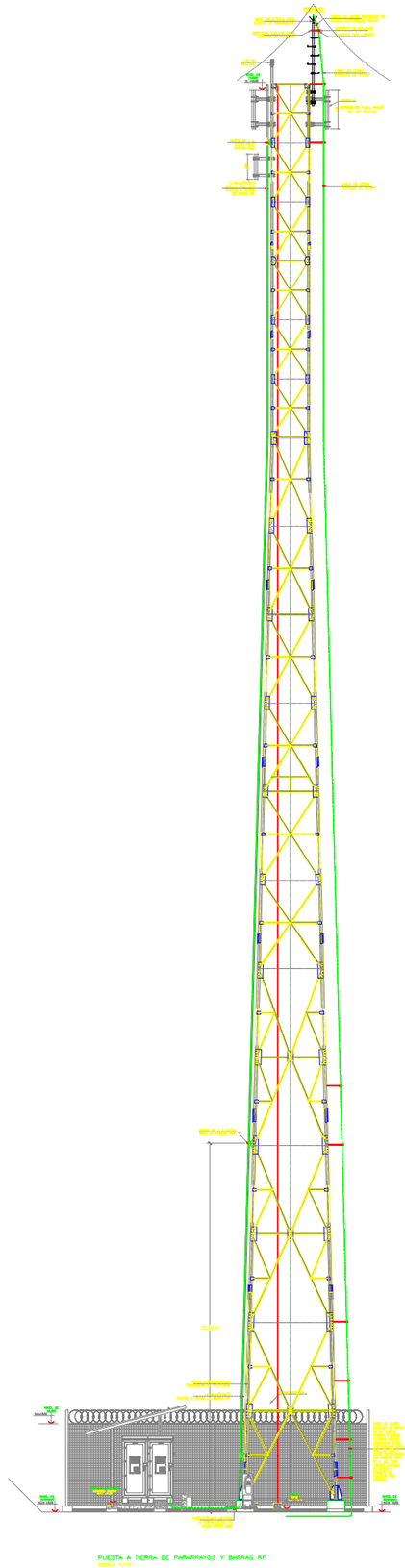
Fecha 2/11/2021
Escala S/E Formato lámina A4
Nombre de Archivo IIEE-CLARO

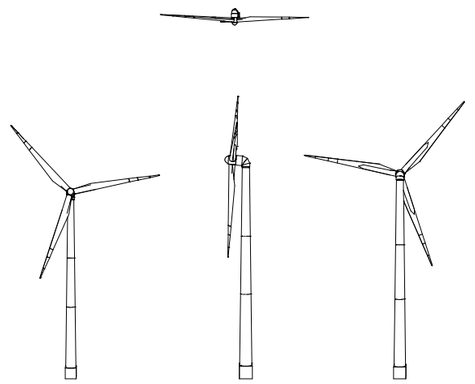
Diseñador:
Elvis Eloy Sarayasi Mejia
Jhonatan Gilmer Varillas Veramendi

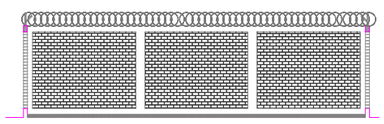
Título y fecha revisado

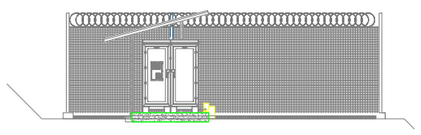
Cliente: American Movil
Diseñador:
Elvis Eloy Sarayasi Mejia
Jhonatan Gilmer Varillas Veramendi

IE-02









PUESTA A TIERRA DE PARARRAYOS Y BARRAS RF

Proyecto:

SISTEMA HIBRIDO DE 9KW
AMERICAN MOVIL PASCO

Dirección:

Distrito de Santa de Tusi
Pasco

Tipo de plano:

DETALLE DE TORRE Y
PERIMETRO

Fecha 2/11/2021
Escala S/E Formato lámina A4
Nombre de Archivo IIEE-CLARO

Diseñador:
Elvis Eloy Sarayasi Mejia
Jhonatan Gilmer Varillas Veramendi

Título y fecha revisado

Cliente: American Movil
Diseñador:
Elvis Eloy Sarayasi Mejia
Jhonatan Gilmer Varillas Veramendi

IE-03

Microgrid Proposal

PREPARED FOR:
Client Name, Client Title/Position
GJPQ+FP Santa Ana de Tusi District, Peru

PREPARED BY:
Your Name, Your Title
Your Company Name, Your Email
Your Phone Number

This proposal was generated using HOMER Pro, a dynamic software engine that runs complex simulations of your hybrid electrical system's energy data and system components to determine the least-cost solution and most effective risk-mitigation strategies. Originally developed at the US Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory (NREL), HOMER software set the global standard for optimizing microgrid design. More than 200,000 HOMER Pro users worldwide have produced economic feasibility studies, system design, engineering insight, and energy cost savings.

Table of Contents

Project Summary **3**

About Your Company Name **4**

Consumption Summary **5**

Engineering Details **6**

Cashflow Section **10**

Glossary and Abbreviations **11**

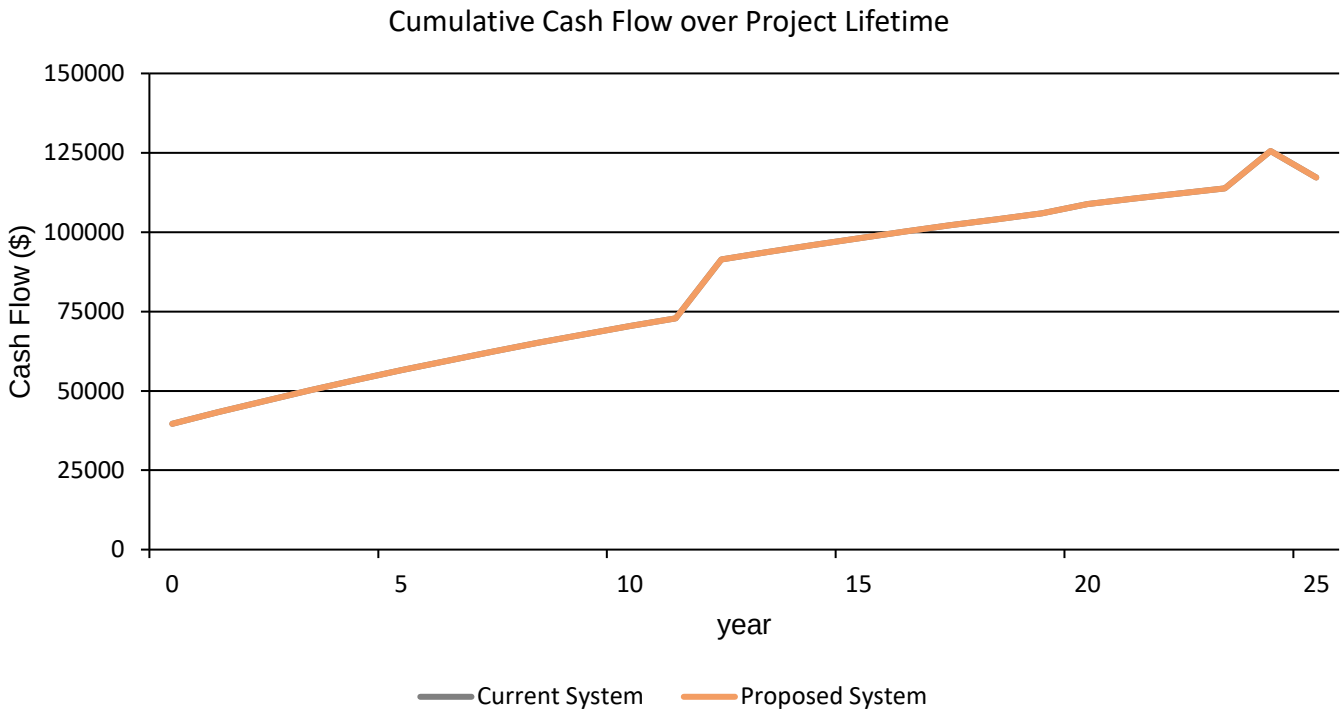
HOMER Energy Section **12**

PREPARED BY:
Your Name,
Your Title, Your Company Name,
Your Email,
Your Phone Number

CURRENT SYSTEM

The electric needs of GJPQ+FP Santa Ana de Tusi District, Peru are met with 33 kW of PV, 255 kWh of battery capacity and 1.5 kW of wind generation capacity. Your operating costs for energy are currently $4,887 per year.

We recommend not making alterations to the current system because it is the most economical choice.



PREPARED BY:
Your Name,
Your Title, Your Company Name,
Your Email,
Your Phone Number

ABOUT YOUR COMPANY NAME

Use this section to introduce your company name and explain what your business does, where you operate (or the markets you serve), and how long you've been doing it for. About Us page is the ideal place to accommodate several objectives:

- Communicate the story of your business and why you started it.
- Describe the customers or the cause that your business serves.
- Explain your business model or how your products are made

Customer Testimonials

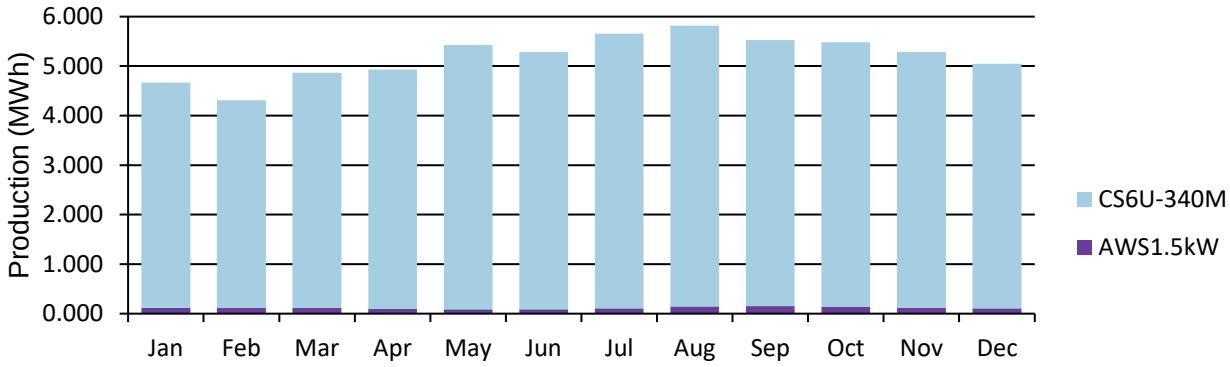
Use this space to provide statements made about your company by satisfied customers. Quotes and positive comments are valuable to prospective clients as they evaluate their options and decide whether your company's services provide the best solution to fit their needs. Testimonial statements demonstrate how others have benefited from your company's services, making them a powerful tool for establishing trust and encouraging potential clients to take action.

—John J. Client, CEO - Your Happy Client, Inc.

Consumption Summary

Electric Consumption

This microgrid requires 98 kWh/day and has a peak of 7.962 kW. In the proposed system, the following generation sources serve the electrical load.

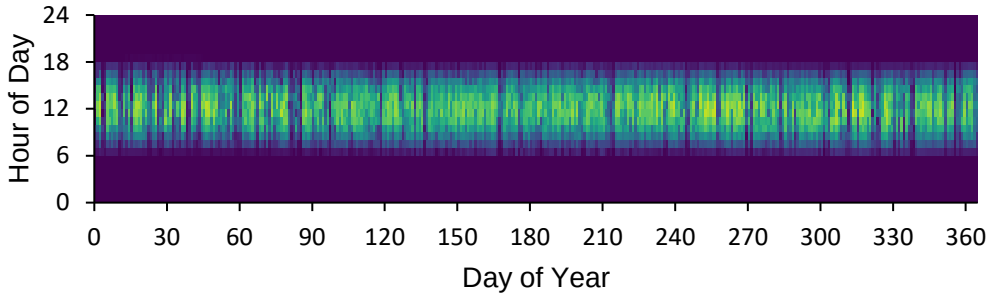


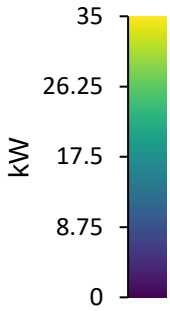
PV: CanadianSolar MaxPower CS6U-340M

The Canadian Solar PV system has a nominal capacity of 32.7 kW. The annual production is 60,919 kWh/yr.

Rated Capacity	32.7 kW
Capital Cost	$9,074
Specific Yield	1,865 kWh/kW
PV Penetration	171 %

Total Production	60,919 kW
Maintenance Cost	1,815 $/yr
LCOE	0.0392 $/kWh



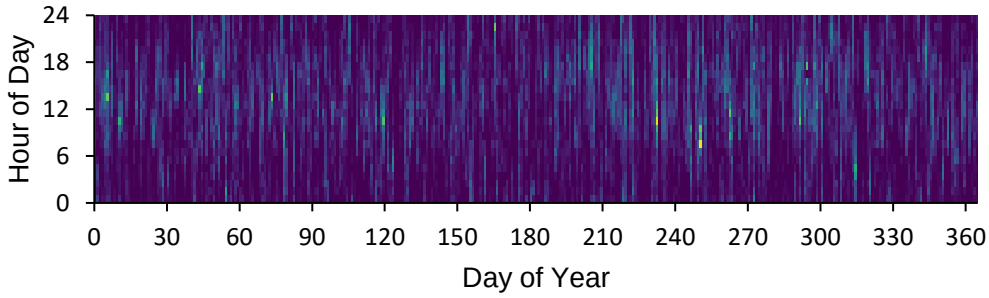


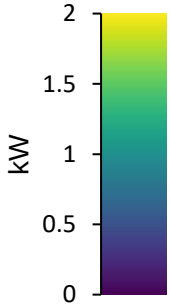
Wind Turbine: AWS HC 1.5kW Wind Turbine

Power output from the AWS wind turbine system, rated at 1.50 kW, is 1,390 kWh/yr.

Quantity	1
Wind Turbine Total Production	1,390 kWh/yr
Capital Cost	$2,500
Wind Turbine Lifetime	20.0 years

Rated Capacity	1.50 kW
Hours of Operation	6,236 hrs/yr
Maintenance Cost	100 $/yr


Hour of Day
24
18
12
6
0
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
Day of Year

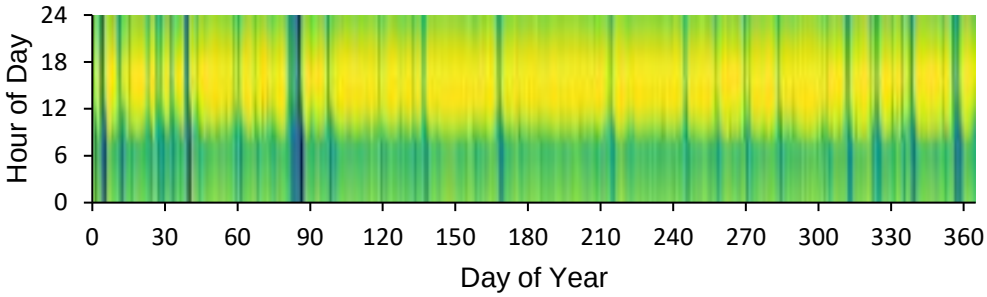

kW
2
1.5
1
0.5
0

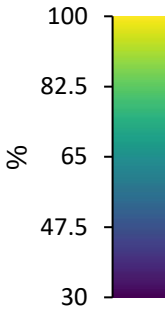
Engineering Details

Storage: EnerSys PowerSafe SBS XC 320

The EnerSys storage system's nominal capacity is 255 kWh. The annual throughput is 18,838 kWh/yr.

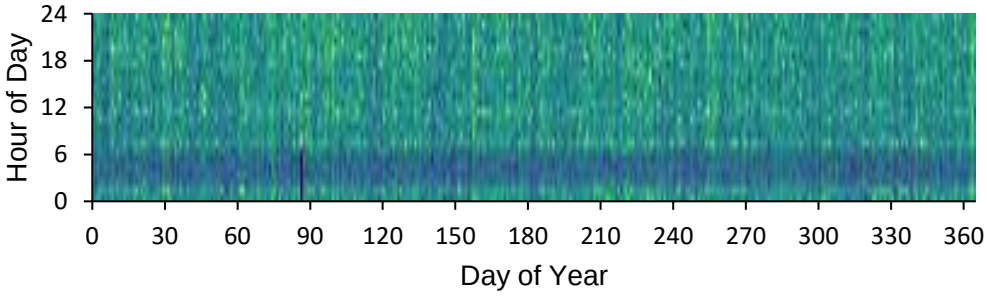
Rated Capacity	255 kWh	Expected Life	12.0 yr
Annual Throughput	18,838 kWh/yr	Capital Costs	$25,425
Maintenance Cost	1,450 $/yr	Losses	573 kWh/yr
Autonomy	43.8 hr		

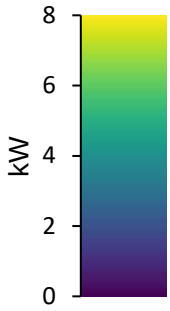




Converter: SolaX X3-hybrid10

Capacity	10.0 kW	Hours of Operation	8,754 hrs/yr
Mean Output	3.91 kW	Energy Out	34,282 kWh/yr
Minimum Output	0 kW	Energy In	35,343 kWh/yr
Maximum Output	7.66 kW	Losses	1,060 kWh/yr
Capacity Factor	39.1 %		





PREPARED BY:
Your Name,
Your Title, Your Company Name,
Your Email,
Your Phone Number

Cash Flows

Project Lifetime	25 years	Expected Inflation Rate	4.0%
Nominal Discount Rate	8.0%	Real Interest Rate	3.8%

Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AWS HC 1.5kW Wind Turbine	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)
CanadianSolar MaxPower CS6U-340M	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)
EnerSys PowerSafe SBS XC 320	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)
SolaX X3-hybrid10	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)

Year	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
AWS HC 1.5kW Wind Turbine	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)
CanadianSolar MaxPower CS6U-340M	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)
EnerSys PowerSafe SBS XC 320	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)
SolaX X3-hybrid10	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)

Year	21	22	23	24	25
AWS HC 1.5kW Wind Turbine	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)	($100.00)
CanadianSolar MaxPower CS6U-340M	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)	($1,815)
EnerSys PowerSafe SBS XC 320	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)	($1,450)
SolaX X3-hybrid10	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)	($400.00)

Net Present Value
The total net present cost (NPC) of a system is the present value of all the costs the system incurs over its lifetime, minus the present value of all the revenue it earns over its lifetime. Costs include capital costs, replacement costs, O & M costs, fuel costs, emissions penalties, and the costs of buying power from the grid. Revenues include salvage value and grid sales revenue. HOMER calculates the total NPC by summing the total discounted cash flows in each year of the project lifetime.

Total Annualized Cost
- is the annualized value of the total net present cost. The annualized cost of a component is the cost that, if it were to occur equally in every year of the project lifetime, would give the same net present cost as the actual cash flow sequence associated with that component. HOMER calculates annualized cost by first calculating the net present cost, then multiplying it by the capital recovery factor.

Simple payback
- is the number of years at which the cumulative cash flow of the difference between the current system and base case system switches from negative to positive. The payback is an indication of how long it would take to recover the difference in investment costs between the current system and the base case system.

Return on Investment (ROI)
- is the yearly cost savings relative to the initial investment. The ROI is the average yearly difference in nominal cash flows over the project lifetime, divided by the difference in capital cost.

Internal rate of return (IRR)
- is the discount rate at which the base case and current system have the same net present cost. HOMER calculates the IRR by determining the discount rate that makes the present value of the difference of the two cash flow sequences equal to zero.

Refer to HOMER Pro Online Help Manual

Abbreviations

PowerSafe SBS XC 320	EnerSys PowerSafe SBS XC 320
AWS1.5kW	AWS HC 1.5kW Wind Turbine
CS6U-340M	CanadianSolar MaxPower CS6U-340M
SolaX10	SolaX X3-hybrid10

About HOMER Pro

HOMER® Pro simulates engineering and economic feasibility of microgrid or distributed energy systems that are off-grid or tied to an unreliable grid and enables the design of least-cost electrical systems and risk-mitigation strategies. The software provides insight into cost-effectively combining conventional and renewable energy, storage, grid resources (where available), and load management.

In a single data run, HOMER Pro simulates the operation of a hybrid microgrid or distributed energy system for an entire year, evaluating and optimizing the electrical system design, load profiles, components, fuel costs, and environmental variables. The simulation produces key information on technical performance, risk-mitigation, and projected cost-savings to inform system design and optimization. Results are presented in a succinct Microgrid Proposal. For more information, visit HomerEnergy.com.

About HOMER Energy by UL

HOMER software is used by more than 200,000 users in 193 different countries.

HOMER Energy by UL is the developer and distributor of HOMER software, a global standard for energy modeling tools that analyze solar-plus-storage, microgrids, and other distributed energy projects.

HOMER software helps engineers and project developers navigate the complexities of designing cost-effective and reliable microgrids that combine traditional and renewable generation sources. The company makes two software platforms: HOMER Pro for the design of least-cost hybrid microgrid or distributed energy systems for use off-grid or when tied to an unreliable grid; and HOMER Grid, which helps design behind-the-meter solar-plus-storage systems to reduce costs and lower carbon footprints.

Since its founding in Boulder, Colorado in 2009, HOMER Energy software has proven effective for analyzing complex distributed energy systems, including grid-tied hybrid renewable microgrids and situations where the grid is insufficiently reliable, such as islands and remote communities. In 2019, HOMER Energy was acquired by UL. More than 200,000 HOMER Pro users in over 190 countries have produced economic feasibility studies, system design, engineering insight, and energy cost savings. Learn more at www.homerenergy.com.